

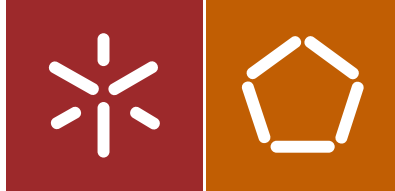


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Luís Carlos Martins Pereira
Caracterização da Rede Rodoviária em Função da Sinistralidade
Rodoviária em Ambiente SIG Caso de Estudo – Barcelos 2010 a 2014

Luís Carlos Martins Pereira

Caracterização da Rede Rodoviária em Função
da Sinistralidade Rodoviária em Ambiente SIG
Caso de Estudo – Barcelos 2010 a 2014



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Luís Carlos Martins Pereira

Caracterização da Rede Rodoviária em Função
da Sinistralidade Rodoviária em Ambiente SIG
Caso de Estudo – Barcelos 2010 a 2014

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Daniel Souto Rodrigues
Professor Doutor Paulo Jorge Gomes Ribeiro



AGRADECIMENTOS

Ao Professor Daniel Souto Rodrigues e ao Professor Paulo Jorge Gomes Ribeiro, pela atenção, entusiasmo, paciência e orientação que sempre me disponibilizaram no decorrer do desenvolvimento desta dissertação.

À minha família por todo o apoio, dedicação e carinho que sempre me deram e dão.

Muito obrigado pela contribuição.



RESUMO

A sinistralidade rodoviária é um fenómeno que afeta direta ou indiretamente toda a população mundial tendo uma enorme influência económica e social. Torna-se então fundamental minimizar os seus impactos reduzindo assim o número de vítimas causadas melhorando a situação social e económica de qualquer país.

A dissertação foca-se, em termos gerais, na utilização de um modelo de classificação da rede viária em função da sinistralidade rodoviária. O modelo é aplicado ao concelho de Barcelos segundo a sinistralidade ocorrida durante 5 anos desde 2010 a 2014. Assim, é aumentada a base de dados de um trabalho já realizado para anos anteriores (de 2007 a 2009) e utiliza o modelo de classificação desenvolvido nesse trabalho.

Após a aplicação do modelo ao novo período foi aplicada uma hierarquia viária em toda a rede e posteriormente influenciar o modelo por essa hierarquia percebendo quais as vantagens e as desvantagens da utilização da hierarquia viária.

O modelo de classificação da rede viária é realizado em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica e pode fundamentar tomadas de decisão acerca da escolha de locais de intervenção com o objetivo de reduzir o número de sinistros.

O modelo é útil no apoio à tomada de decisão, e apresenta uma boa versatilidade podendo considerar vários fatores que influenciem os resultados, de acordo com os objectivos de quem pretende um estudo deste de classificação da rede viária.

Palavras-chave: Rede Viária; Sinistralidade Rodoviária; Barcelos; Modelo de classificação; Hierarquia Viária; Sistemas de Informação Geográfica.



ABSTRACT

Road accident occurrences affect the entire world population directly or indirectly, resulting in a significant economic and social impact. As such, it is essential to minimize this impact, this reducing the number of victims and improving the social and economic situation of any country.

In general terms, this dissertation focuses on the use of a road network classification model for road accidents. The model is applied to the area of Barcelos according to the accidents occurred in a period of 5 years, from 2010 to 2014. This work extends the database of a work carried out in previous years (from 2007 to 2009), and uses the classification model developed during that work.

Ensuing the application of the model to the new period, a road network hierarchy will be implemented to the entire network. This is followed by the interaction of the model with the road network hierarchy, which provides insight on the advantages and disadvantages of the use of the latter.

The road network classification model is developed in a Geographic Information System, and can support decision making regarding the choice of intervention sites, so as to reduce the number of accidents in the future.

The model is useful for supporting decision making. Additionally, it displays very good versatility, allowing for the choice of several factors that influence the final results, which is a function of the objectives of each study in the field of road network classification.

Keywords: Road Network; Road Accidents; Barcelos; Classification Model; Road Hierarchy; Geographic Information System.



ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA	15
1.2	ENQUADRAMENTO.....	15
1.3	OBJETIVOS	16
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	16
2.	ESTADO DE ARTE	18
2.1	SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA.....	18
2.2	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E EXEMPLOS DE APLICAÇÕES	24
2.3	IDENTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E TOMADAS DE DECISÃO NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA	27
2.4	INDICADORES DE SINISTRALIDADE	34
2.4.1	<i>Equação da Direcção Geral de viação.....</i>	<i>34</i>
2.4.2	<i>Equações definidas por PIARC.....</i>	<i>34</i>
2.4.2.1	<i>Frequência de acidentes.....</i>	<i>34</i>
2.4.2.2	<i>Taxa de acidentes</i>	<i>35</i>
2.4.2.3	<i>Taxa Crítica</i>	<i>35</i>
2.4.2.4	<i>Índice de danos unicamente materiais</i>	<i>36</i>
2.4.3	<i>Equação definida pela UTCA</i>	<i>36</i>
2.5	ANÁLISE MULTICRITÉRIO	38
3.	ESTUDO DE CASO – DISTRIBUIÇÃO DA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA NA REDE VIÁRIA DE BARCELOS PARA OS ANOS DE 2010 A 2014	41
3.1	INTRODUÇÃO	41
3.2	MUNICÍPIO DE BARCELOS	42
3.3	BARCELOS E A SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA.....	48
3.4	DESEMPENHO DA REDE	65
3.4.1	<i>Indicador de Gravidade.....</i>	<i>65</i>
3.4.2	<i>Indicador de Danos Materiais</i>	<i>68</i>
3.4.3	<i>Indicador de custos</i>	<i>70</i>
3.4.4	<i>Classificação da Rede Viária</i>	<i>72</i>
3.4.4.1	<i>Normalização dos indicadores</i>	<i>73</i>
3.4.4.2	<i>Grau de importância de cada indicador.....</i>	<i>73</i>
3.4.4.3	<i>Equação de Sinistralidade</i>	<i>74</i>
3.5	APLICAÇÃO DO MODELO E CLASSIFICAÇÃO DA REDE	74
4.	HIERARQUIA VIÁRIA DE BARCELOS E INFLUÊNCIA NO MODELO	77
4.1	HIERARQUIA VIÁRIA DE BARCELOS.....	77
4.2	INFLUÊNCIA DA HIERARQUIA NO MODELO	83



4.2.1	<i>Influência segundo valores teóricos</i>	84
4.2.2	<i>Influência no modelo segundo valores dos dados</i>	88
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS	93
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do critério de seleção de áreas (Fonte: Ferreira, 2002).	322
Figura 2 – Freguesias do concelho de Barcelos em 2010.	444
Figura 3 – Principais artérias da rede viária de Barcelos (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2011).	466
Figura 4 – Circular incompleta de Barcelos (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2011).	477
Figura 5 – Esquema representativo dos padrões com os movimentos casa-trabalho casa-escola (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2011).	488
Figura 6 – Distribuição dos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos ...	49
Figura 7 – Total de veículos envolvidos nos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.	500
Figura 8 – Natureza dos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos	511
Figura 9 – Localização dos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos ...	52
Figura 10 – Distribuição dos acidentes ao longo dos meses do ano desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.	522
Figura 11 – Distribuição dos acidentes segundo hora de ocorrência desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos	533
Figura 12 – Rede de estradas do concelho de Barcelos.	54
Figura 13 – Dispersão dos acidentes na rede viária desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.	55
Figura 14 – Numero de veículos envolvidos nos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos	57
Figura 15 – Dispersão da totalidade dos registos de feridos ligeiros desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.	59
Figura 16 – Distribuição dos feridos graves na rede viária nos anos de 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.	61
Figura 17 – Distribuição das vítimas mortais na rede viária nos anos de 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.	63
Figura 18 – Distribuição dos acidentes segundo o indicador de gravidade no concelho de Barcelos.	66



Figura 19 – Distribuição dos acidentes segundo o indicador de danos materiais no concelho de Barcelos.	69
Figura 20 – Distribuição dos acidentes segundo o indicador de custos no concelho de Barcelos.....	71
Figura 21 – Classificação da rede viária do concelho de Barcelos em função da Sinistralidade.....	75
Figura 22 – Eixos viários principais da rede viária do concelho de Barcelos (Câmara Municipal de Barcelos, 2006).....	78
Figura 23 – Classificação Viária proposta pelo PDM de Barcelos (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2006).....	79
Figura 24 – Estimativas dos quantitativos do tráfego rodoviário médio diário total por estrada. (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2009).....	81
Figura 25 – Hierarquia viária adotada para o estudo.	83
Figura 26 – ISR hierárquico segundo volume de tráfego teórico.	87
Figura 27 – ISR hierárquico segundo volume de tráfego dos dados do estudo de 2009.	90
Figura 28 – ISR hierárquico segundo volume de tráfego dos dados do estudo de 2009 sem afetação de segmentos onde apenas resultaram feridos ligeiros.	92



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de análise espacial.....	24
Quadro 2 – Gravidade dos acidentes.....	300
Quadro 3 – Frequência das ocorrências	311
Quadro 4 – Matriz – Gravidade/Frequência das ocorrências.....	311
Quadro 5 – Peso de acordo com a gravidade do acidente.....	366
Quadro 6 – Níveis de gravidade e custos equivalente	377
Quadro 7 – Total de vitimas ocorridas de 2010 a 2014.	500
Quadro 8 – Registos com maior numero de acidentes desde 2010 a 2014.....	56
Quadro 9 – Segmentos com maior numero de veículos envolvidos nos acidentes.....	58
Quadro 10 – Segmentos da rede com maior registo de feridos ligeiros desde 2010 a 2014.....	60
Quadro 11 – Segmentos da rede com maior registo de feridos graves desde 2010 a 2014	62
Quadro 12 – Segmentos da rede com registo de vitimas mortais desde 2010 a 2014. 64	
Quadro 13 – Segmentos da rede com maior valor de IG.	67
Quadro 14 – Segmentos da rede com valores mais elevados de EPDO.	70
Quadro 15 – Segmentos da rede com valores mais elevados de SI.	72
Quadro 16 – Pesos atribuídos aos critérios	73
Quadro 17 – Valores de ISR por Nível.....	74
Quadro 18 – Segmentos da rede com ISR de nível 4.	76
Quadro 19 – Segmentos da rede com ISR de nível 3.	76
Quadro 20 – Vias rodoviárias consideradas no estudo.	80
Quadro 21 – Características e incompatibilidade de diversas funções para diferentes tipos de via.	82
Quadro 22 – Volume de tráfego de referência adoptado por cada grau hierárquico.....	85
Quadro 23 – Pesos adoptado por cada grau hierárquico obtidos através do volume de tráfego de referência.....	85
Quadro 24 – Média do volume de tráfego adoptado por cada grau hierárquico.....	88
Quadro 25 – Pesos adoptado por cada grau hierárquico obtidos através do volume de tráfego registado.....	88



Quadro 26 – Número de segmentos da rede por nível de ISR.....	91
---	----

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma descrição do tema abordado, o enquadramento do estudo, quais os objectivos da dissertação bem como a descrição da sua estrutura.

1.1 Tema

A dissertação foca-se, em termos gerais, na utilização de um modelo de classificação da rede viária em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), utilizado por Nogueira (2010) num estudo que teve em consideração os anos de 2007, 2008 e 2009 no concelho de Barcelos, e aplicar o mesmo modelo, desta vez para os 5 anos subsequentes (de 2010 a 2014) para o mesmo concelho de Barcelos. Posteriormente será definida uma hierarquia viária que irá influenciar também o modelo tendo em conta também os mesmos 5 anos.

1.2 Enquadramento

O presente estudo serve de base para a dissertação integrada no plano de estudos em vigor na Universidade do Minho, MIEC (Mestrado Integrado em Engenharia Civil).

Neste trabalho pretende-se estudar a influência da hierarquia viária num modelo de classificação da rede em função da sinistralidade rodoviária utilizando um Sistema de Informação Geográfica.

O trabalho insere-se na área disciplinar de Sistemas Regionais e Urbanos. A orientação científica é da responsabilidade do Professor Daniel Souto rodrigues e do Professor Paulo Jorge Gomes Ribeiro, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

O trabalho será realizado em gabinete, nomeadamente a pesquisa bibliográfica, o processamento de dados e a interpretação dos resultados.

A sinistralidade rodoviária constitui um dos problemas de Saúde Pública, é resultado da deslocação do Homem e tem um forte impacto social, económico e ambiental. Reduzir os efeitos negativos da sinistralidade rodoviária torna-se então de enorme importância.

Como os recursos não são abundantes torna-se necessário fazer uma seleção prioritária dos locais a intervir, e assim a utilização de ferramentas que possam fundamentar a tomada de decisão ganham uma enorme importância. Os Sistemas de Informação Geográfica são uma ferramenta poderosa com uma enorme capacidade de tratamento de dados e resolução de problemas. Assim, podemos usar sistemas de informação geográfica fazendo uma análise do problema, considerando vários fatores, obtendo então um resultado satisfatório que fundamenta a tomada de decisão.

1.3 Objetivos

Perante a necessidade da redução da sinistralidade rodoviária através da intervenção em pontos da rede viária onde a gravidade dos acidentes possa ser mais acentuada, torna-se necessária a classificação da rede, e para concretização desse objetivo será utilizado um modelo usado anteriormente para o Município de Barcelos.

Como objetivos específicos este trabalho pretende aumentar a base de dados aplicando o modelo ao mesmo caso de estudo (Barcelos) para o período de 5 anos desde 2010 a 2014, e fazer influenciar o modelo por uma hierarquia viária e perceber qual a sua influência.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é constituída por 5 capítulos, ordenados de forma coerente, apresentando a seguinte organização.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema abordado na dissertação, bem como o enquadramento, os objectivos e é descrita a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo apresenta-se o enquadramento teórico da dissertação fazendo uma abordagem da sinistralidade rodoviária, uma breve abordagem geral de Sistemas de Informação Geográfica com alguns exemplos de aplicações, tomadas de decisão, Indicadores de sinistralidade rodoviária e uma abordagem geral sobre análise multicritério.

No terceiro capítulo é feita uma apresentação do concelho de Barcelos abordando a sua localização geográfica com os concelhos envolventes e a sua conectividade, são descritas as



principais estruturas da rede viária bem como os principais padrões de deslocamentos no concelho e envolvente do concelho. Posteriormente é realizada a análise da sinistralidade rodoviária e o desempenho da rede viária do concelho. E, no final do capítulo, é aplicado o modelo de classificação da rede viária ao período dos 5 anos obtendo a classificação da rede em termos da sua sinistralidade.

No quarto capítulo é realizada uma análise da rede e definida uma hierarquia viária para o concelho de Barcelos. Essa hierarquia viária é utilizada por forma a influenciar o modelo, através de valores de volume de tráfego. Numa primeira abordagem é realizada a influencia através de valores de volume de tráfego espectáveis para cada grau hierárquico, e numa segunda abordagem são utilizados valores de volume de tráfego de um estudo realizado em 2009.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões finais e algumas sugestões para desenvolvimentos futuros.

2. ESTADO DE ARTE

Neste capítulo é feita uma abordagem teórica das principais matérias abordadas na dissertação.

2.1 Sinistralidade Rodoviária

A sinistralidade rodoviária é resultado da deslocação massiva do Homem e poderá ser originada por vários fatores podendo estes ter influência separada ou simultânea. Estes fatores poderão ter origem nos seguintes elementos: humano, veículo, via e ambiente. Esta afeta direta ou indiretamente todos os cidadãos e tem efeitos prejudiciais em termos sociais, económicos e ambientais (Oliveira, 2007).

O primeiro registo de sinistralidade rodoviária surge em Londres em 1898. Como fruto da evolução dos meios de transporte, o aumento da mobilidade alterou, ao longo dos anos, as infraestruturas rodoviárias e o ambiente que as envolvem. Nas décadas de 60 e 70 houve um enorme aumento do veículo particular, aumentando assim o tráfego e sendo necessária a construção de mais infraestruturas rodoviárias que acarretaram efeitos nefastos para os utentes mais vulneráveis (Ferreira, 2002).

A Organização Mundial de Saúde define como problema de saúde pública a sinistralidade rodoviária, e esta resulta em parte pela ação humana tendo consequências políticas, económicas e sociais nas sociedades desenvolvidas ou em desenvolvimento (Leal, 2009). A sinistralidade rodoviária representa uma grande parte da saúde pública, sendo por vezes negligenciada e requerendo um enorme esforço para uma prevenção mais sustentável e efetiva. De entre todos os sistemas que o Homem se depara no dia-a-dia, a rede rodoviária é um dos mais complexos e perigosos. Estima-se 1,2 milhões de pessoas morrem anualmente em acidentes rodoviários e que cerca de 50 milhões ficam feridos. Este tipo de sinistralidade não sofre tanta atenção por parte dos média como outros tipos de sinistralidade menos frequente (Peden *et al.*, 2004).

Todos os dias ocorrem mais de 1000 mortes de jovens com menos de 25 anos no mundo relacionadas com acidentes rodoviários. Para além disso, estes são considerados a principal

causa de morte em jovens entre os 15 e os 19 anos. A maior parte destas mortes acontecem pois estes são utilizadores vulneráveis das infraestruturas, tais como peões, ciclistas, motociclistas e utilizadores de transportes públicos, sendo este último exemplo mais representativo de países africanos e do este do Mediterrâneo (Toroyan e Peden 2007).

Sem incremento nos esforços e novas iniciativas de prevenção, o número de mortos e de feridos poderá aumentar entre 65 a 80% entre 2000 e 2020. Isto torna-se muito importante em termos económicos pois estima-se que os prejuízos causados pelos acidentes rondem de 1 a 2% do produto interno bruto de cada país (Peden *et al.*, 2004).

As Nações Unidas realizaram várias convenções desenvolvendo vários tratados. Na “Convention on Road Traffic” decorrida em Viena em 1968 foram discutidos e aprovados os princípios que ainda hoje regem a circulação nas estradas, bem como regras de implantação das infraestruturas rodoviárias (United Nations, 1968). A Convenção de Viena foi um dos acontecimentos mais importantes que intensificou a atenção dos países em relação à sinistralidade rodoviária. Ao longo dos anos foi realizado trabalho com objetivo de minimizar o número de acidentes e de vítimas, e na década de 90 esse trabalho passou a ser realizado com maior ênfase (Instituto Nacional de Estatística, 2007).

Em Portugal, foi aprovado em 2003 o Plano Nacional de Prevenção Rodoviária (PNPR) que tinha como meta principal a redução do número de vítimas mortais e feridos graves de 50% até 2010. Esta meta, entre outras, foi atingida antes ainda do término desse período e, em 2008, a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária trabalhou no âmbito da definição e desenvolvimento da Estratégia Nacional de Segurança Rodovia para o período 2008-2015. Assim, seria realizado numa primeira fase de 2008 a 2011 um acompanhamento da sinistralidade nos países da União Europeia usado juntamente com informação relativa aos anos de 1999 a 2009 para apoio no estabelecimento dos objetivos estratégicos e ações a tomar no período 2008-2015 (Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, 2009).

Nos últimos anos, os números relativos a acidentes e vítimas de acidentes rodoviários têm diminuído como consequência das ações postas em prática pelos países e é possível melhorar esses números, através de uma constante monitorização e aplicação e definição de políticas que aumentem a segurança rodoviária (INE, 2007).

O ambiente rodoviário tem uma linguagem muito característica e alguns termos são muito utilizados quando se trata de sinistralidade rodoviária. Assim a ANSR (2007) define os seguintes conceitos relacionados com informação de sinistralidade rodoviária:

-Acidente

Ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo, do conhecimento das entidades fiscalizadoras (GNR, GNR/BT e PSP) e da qual resultem vítimas e/ou danos materiais.

-Acidente com vítimas

Acidente do qual resulte pelo menos uma vítima.

-Acidente mortal

Acidente do qual resulte pelo menos um morto.

-Acidente com feridos graves

Acidente do qual resulte pelo menos um ferido grave, não tendo ocorrido qualquer morte.

-Acidente com feridos leves

Acidente do qual resulte pelo menos um ferido leve e em que não se tenham registado mortos nem feridos graves.

-Vítima

Ser humano que em consequência de acidente sofra danos corporais.

-Morto ou vítima mortal

Vítima de acidente cujo óbito ocorra no local do evento ou no percurso até à unidade de saúde. Para obter o número de mortos a 30 dias, aplica-se a este valor um coeficiente de 1,14.

-Ferido grave

Vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas.

-Ferido leve

Vítima de acidente que não seja considerada ferido grave.

-Condutor

Pessoa que detém o comando de um veículo ou animal na via pública.

-Passageiro

Pessoa afeta a um veículo na via pública e que não seja condutora.

-Peão

Pessoa que transita na via pública a pé e em locais sujeitos à legislação rodoviária. Consideram-se ainda peões todas as pessoas que conduzam à mão velocípedes ou ciclomotores de duas rodas sem carro atrelado ou carros de crianças ou de deficientes físicos.

-Índice de gravidade

Número de mortos por 100 acidentes com vítimas.

-Indicador de gravidade

$IG=100*M+10*FG+3*FL$, em que M é o número de mortos, FG o de feridos graves e FL o de feridos leves.

-Ponto negro

Lanço de estrada com o máximo de 200 metros de extensão, no qual se registou, pelo menos, 5 acidentes com vítimas, no ano em análise, e cuja soma de indicadores de gravidade é superior a 20.

O sistema rodoviário é extremamente complexo e resulta da ação mútua e contínua de vários fatores. A interação destes fatores tem uma grande influência na sinistralidade rodoviária sendo estes fatores o veículo, o homem e a via e o meio envolvente (Leal,2009).

A sinistralidade rodoviária é extremamente complexa sendo o produto da interação entre o utente, o veículo e a infraestrutura. É nestes fatores que é necessário intervir por forma a reduzir o dano causado pela sinistralidade rodoviária (Ferreira, 2002).

Utentes

O utente é o fator que maior influência tem na sinistralidade rodoviária, e assim as principais falhas dos utentes estão relacionadas com comportamentos de risco, falhas de perceção, erros de decisão e incapacidade física (Leal,2009).

A cooperação entre a educação, fiscalização e informação dos utentes é essencial para um uso mais seguro das infraestruturas rodoviárias. Para que os utentes realizem ações mais seguras deverão ser educados para tal e é necessária a ajuda da fiscalização para garantir o uso adequado das infraestruturas, mantendo atualizada a informação para os utentes. Assim, os utilizadores mais recentes do meio rodoviário têm que ser educados por forma a realizarem uma utilização responsável das infraestruturas rodoviárias. Esta informação deverá ser transmitida aquando do ensino escolar ou em ações de formação locais (Ferreira, 2002).

A atribuição de responsabilidade nos acidentes, é atribuída em mais de 90% dos acidentes a pelo menos um dos utentes envolvidos tendo assim a maior influência sobre estes. A melhor forma de reduzir influência dos utentes na sinistralidade rodoviária é através da formação e sensibilização por processos pedagógicos. Estas ações deverão ser contínuas e abranger todos os utentes globalmente (Ministério da Administração Interna, 2003).

Infraestrutura e ambiente envolvente

Em zonas urbanas existe um maior número de utentes das infraestruturas rodoviárias e consequentemente uma maior interação entre eles, aumentando assim o risco de acidente. É difícil coordenar este tipo de espaços devido ao elevado número de intervenientes dos quais são exemplo os locais para estacionamento, escassez de locais para circulação pedonal, redução da visibilidade causada pelo ambiente envolvente das infraestruturas rodoviárias. Em zonas não urbanas a tendência é no aumento da velocidade e, apesar de não haver um número tão grande de utentes como em zonas urbanas, as interações também existem, sendo necessário coordenar estes espaços tendo em conta a iluminação, a sinalização e implantação de medidas de acalmia de tráfego por forma a forçar a redução de velocidades entre outros. Um ponto muito importante está relacionado com as características físicas da via, tendo em conta o seu traçado e incorreta execução, estado do pavimento e falta de sinalização.

O ambiente envolvente e as próprias infraestruturas rodoviárias têm sido moldadas por forma a satisfazer o constante aumento do tráfego e da mobilidade. Esta benéfe para o tráfego ocupa assim mais espaço urbano e, “rouba” espaço que poderia ser usado por forma a aumentar a segurança dos utentes mais vulneráveis como os peões e os ciclistas (Ferreira, 2010).

Os investimentos nas infraestruturas rodoviárias devem ser realizados por forma de reduzir o número de acidentes tornando-as assim mais seguras. Outra forma de aplicar esses investimentos será na forma de evitar os acidentes ou atenuar os seus danos e podendo então melhorar e criar serviços de socorro das vítimas, criar alternativas reduzindo assim o número de conflitos entre os utentes, intervir nos espaços adjacentes das infraestruturas rodoviárias melhorando as condições de circulação, estimular o uso de transportes alternativos, etc.

Os acidentes rodoviários são o resultado de um ou de vários erros dos elementos que constituem o sistema rodoviário. São então um ou mais erros ligados à interação entre o veículo, o utente, a infraestrutura e o ambiente rodoviário. A velocidade dos veículos é muito importante e deve ser adequada a cada ambiente rodoviário, caso contrário aumenta a probabilidade de acidentes. Quando excessiva, reduz a estabilidade dos veículos e diminui o tempo disponível pelos condutores quer para avaliar situações, quer para realizar manobras. O desrespeito do código da estrada aumenta também o risco de sinistro. É então necessário que se respeitem as regras de trânsito que são adequadas a cada projeto. Se um utente não usar a infraestrutura rodoviária segundo as regras estabelecidas, coloca-se em risco, assim como aos restantes utentes. O uso de substâncias que alterem a cognição do ser humano e o cansaço dos utentes rodoviários são também fatores potenciadores da sinistralidade rodoviária (Mânica, 2007).

No primeiro caso de tribunal devido a um acidente rodoviário foi feito o apelo “*This must never happen again*” isto não pode acontecer novamente, mas a complexidade do fenómeno de sinistralidade rodoviária não permite a concretização deste apelo. É possível intervir nos casos de sinistralidade rodoviária por forma a influenciar a sua ocorrência, uma vez que se trata de um fenómeno resultante da interação entre utente, veículo e infraestrutura rodoviária e ambiente envolvente. A sinistralidade rodoviária surge então nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, e devido às graves consequências sociais, económicas e políticas, passou então a ter uma maior atenção no sentido de minimizar os seus efeitos (Leal, 2009).

2.2 Sistemas de Informação Geográfica e exemplos de aplicações

Os Sistemas de Informação geográfica (SIG) são uma ferramenta de informação espacial e respondem com maior ou menor rigor à questão “Where is What”. Com recurso à capacidade de armazenamento de informação proporcionada pelo computador, os SIG surgem no final da década de 60 e os mapas começam gradualmente a deixar de ser realizados manualmente, passando a ser realizados com recurso à tecnologia SIG. Com o passar dos anos, a tecnologia dos computadores, bem como os SIG, foram evoluindo tornando possível o uso de maiores bases de dados e cruzar informação (Berry, 2013).

Os sistemas de informação geográfica são uma poderosa e complexa ferramenta e surgem com a frequência com que o Homem passou a interagir com equipamentos digitais (Longley, *et al.* 2005). De acordo com Sousa (1995) os SIG podem ser usados para produzir mapas, como base de dados para análise de fenómenos e como base de dados geográficos para armazenamento de informação geográfica. Os SIG ajudam a realizar o estudo espacial segundo diferentes objetivos dos quais são exemplos o seguinte quadro.

Quadro 1 – Exemplos de análise espacial

Análise	Pergunta Geral	Exemplo
Condição	“O que está...”	“Qual a população desta cidade?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declive acima de 20%?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos atrás?”
Roteamento	“Por onde ir...?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição de dengue em Fortaleza?”
Modelos	“O que acontece se...?”	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a Amazônia?”

Fonte- Sousa, 1995

Os principais componentes dos Sistemas de informação geográfica são:

- A interface com o utilizador;

- A entrada de dados;
- O processamento de imagem e de gráficos;
- A sua Visualização;
- Armazenamento e recuperação de dados;

A capacidade de manipular dados proporcionada pelos SIG faz destes uma poderosa ferramenta informática, possibilitando o tratamento de dados que dão um forte contributo para que seja possível um bom planeamento e tomadas de decisão. Esta ferramenta armazena e lê dados, permitindo trabalhá-los e por forma a corresponder aos objetivos de cada estudo ou trabalho (Neto, 2008).

Das inúmeras capacidades que os SIG proporcionam, Sawnsen (2008) afirma que estes são uma poderosa ajuda no controlo da saúde pública e compreensão das doenças e vírus pois a informação introduzida ou gerada funciona como “Layers” georreferenciadas que permitem compreender o comportamento espacial das doenças e de vírus. Como os SIG permitem combinar os diferentes “Layers” de informação, torna-se mais fácil perceber o porque de determinada doença se estar a propagar ou a afetar apenas determinada região ou população, como por exemplo será possível perceber se o clima poderá estar a influenciar a propagação de determinada doença.

A Internet tornou possível e mais fácil o acesso a todo o tipo de informação, e a informação geográfica é um dos tipos de informação mais procurados. Os SIG proporcionaram à Internet e aos seus utilizadores uma forma perceptível e com boa interação de adquirir e visualizar informação geográfica (Yesilmurat e Ysler, 2012).

Segundo Leite (2012) os SIG permitem ver, gerir e manipular bases de dados relacionadas com mapeamento geográfico num suporte digital. Os SIG permitem representar pontos ou áreas e posteriormente trabalhá-las cruzando informação de acordo com os objetivos pretendidos. Permitem também a extração dos resultados para papel de forma simples. No seu trabalho realizando no âmbito da gestão de transportes públicos do município de Almada chegou a resultados para novas rotas para os transportes públicos e novas localizações para paragens de autocarros concluindo que se poderia prolongar futuramente o estudo para efetivamente alterar as rotas e eliminar as paragens que iriam ficar em desuso.

Ramos (2000) realizou um estudo no âmbito da localização industrial do Noroeste de Portugal com o apoio dos SIG modelando assim espacialmente a localização das empresas segundo vários parâmetros e os resultados variam de acordo com estes. Assim será necessário realizar um estudo de decisão posterior avaliando os resultados obtidos pelos SIG de acordo com os objetivos pretendidos.

Num estudo realizado para alguns arruamentos da cidade de Braga no âmbito da conformidade das características físicas dos passeios segundo as exigências do Decreto-Lei 163/2006, foi utilizado um tipo de SIG verificando a inclinação, a largura e o índice de combinação da inclinação com a largura dos passeios, bem como a análise do índice de passagem de peões de superfície (Neiva e Rodrigues, 2010).

Os sistemas de informação geográfica tem diversas aplicações e recursos, e aos que são utilizados em áreas de transporte são denominados do tipo SIG-T (“T”- Transporte). Estes têm em consideração a capacidade de compreensão dos resultados por parte dos seus utilizadores (Miller e Shaw, 2001; Neto, 2008). Os SIG podem ser usados como um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD), que são bastante importantes no armazenamento, gestão e manuseamento de informação, ou então como um Sistema de Apoio à Decisão que tem como principais funcionalidades a comunicação de resultados obtidos a partir dos métodos de análise espacial e por meio do mapeamento e da criação automática de relatórios para diferente tipos de clientes e temática, entre elas nomeadamente os transportes. A elevada importância e uso dos transportes leva a um maior e mais influente uso de SIG-T.

Os SIG-T têm um papel importante através das tomadas de decisão sobre o ambiente e os transportes. Permitem que ferramentas analíticas e computacionais interajam com a informação geográfica detalhada de cada local possibilitando assim a análise e resolução de problemas associados a cada local. Facilitam a compreensão dos seus resultados, permitindo o seu uso por um maior tipo de utilizadores e possibilitando que as tomadas de decisão possam ser realizadas por um maior número de pessoas. Adicionalmente, um maior número de pessoas é encorajado a participar nas tomadas de decisão (Miller e Shaw, 2001).

Planear e gerir meios urbanos é algo complicado de realizar devido á elevada quantidade de informação que é necessário ter em conta, e os SIG são uma ferramenta que tem a

capacidade de facilitar esse trabalho. Esta ferramenta permite o armazenamento e tratamento de elevadas quantidades de informação possibilitando a interação entre os diferentes tipos (Neto, 2008).

A utilização de SIG no âmbito da sinistralidade rodoviária tem como mais valia uma boa representação dos acidentes na rede rodoviária que, associado á capacidade de armazenamento e tratamento de dados, torna o processo de decisão e de intervenção no local mais fácil. Devido á sua capacidade de armazenamento de dados é também possível associar os acidentes ao local onde eles ocorrem com as características desses locais e, com a compatibilidade com outros softwares, permite a saída da informação para programas de representação (Ferreira, 2002).

2.3 Identificação, avaliação e tomadas de decisão na Sinistralidade rodoviária

A redução do número e da gravidade dos acidentes consiste na ação direta sobre a rede viária nas zonas onde estes acontecem com maior frequência e/ou com maior gravidade aplicando alterações que provoquem tais efeitos. Assim são de destacar as medidas de acalmia de tráfego que têm como objetivo principal a alteração da atitude dos utentes e a alteração dos espaços confinantes da rede, tendo como foco que em caso de ocorrência de acidente os seus danos sejam minimizados (Nabais, 2009).

A forma de analisar, reduzir e prever acidentes consiste, numa fase inicial, no reconhecimento de locais críticos e posteriormente optar por uma análise adequada a cada caso por forma a otimizar os resultados. Os princípios de reconhecimento de locais críticos iniciam-se pelo levantamento e organização de dados referentes à sinistralidade rodoviária, levando posteriormente à identificação de locais críticos sendo estes reconhecidos como zonas da via que “apresentem padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência pré-estabelecida, e/ou que estejam associados a níveis de segurança viária que coloquem em risco os usuários do sistema viário” (Brandão, 2007).

A obtenção de dados relativos a acidentes rodoviários terá influência nas ações que levam a uma tomada de decisão sobre segurança rodoviária e, no nosso país, não é fácil obter

uma amostra de dados totalmente fidedigna, pois em muitos casos apenas são registados os acidentes do qual resultem vítimas ou danos materiais consideráveis, e os restantes casos são apenas participados às companhias de seguros. Existe ainda um número elevado de casos que não são sequer participados aos seguros por diversos motivos, nomeadamente por estar algum interveniente do acidente comprometido (Ferreira, 2002).

Brandão (2007) refere vários métodos para identificação de locais críticos em acidentes de trânsito no Brasil, destacando-se os Métodos Numéricos, sendo estes os mais usados na prática pois são simples e fáceis de aplicar. São estipulados valores de referência para diversos indicadores e definidos os locais críticos, correspondentes aos locais onde sejam ultrapassados os valores de referência. Os métodos numéricos podem ser absolutos ou relativos:

- Nos métodos absolutos considera-se a quantidade de acidentes de forma absoluta, não relacionando estes com qualquer outra variável. Neste tipo de métodos são ainda levadas em conta duas técnicas:
 - Na técnica do número de acidentes são registados os acidentes num determinado período de tempo, sendo os locais críticos aqueles em que o valor ultrapassa a média aritmética dos acidentes registados em todos os locais de análise.
 - Na técnica da severidade de acidentes é levado em conta a frequência e a gravidade dos acidentes com atribuição de um peso a cada nível de gravidade.
- Nos métodos relativos é também avaliado o número de acidentes. No entanto, toma-se em consideração vários fatores adicionais, tais como volume de tráfego e propensão à ocorrência de acidentes. Nos métodos relativos consideram-se duas técnicas.
 - Na técnica da taxa de acidente é relacionada a quantidade de acidentes com o volume de tráfego do local em estudo. Esta técnica tem a vantagem de demonstrar a influência do volume de tráfego no número de acidentes.
 - A técnica da taxa de severidade dos acidentes relaciona a técnica da severidade de acidentes com a técnica da taxa de acidentes, resultando assim numa relação entre a gravidade dos acidentes com o volume de tráfego.

Existe ainda um método estatístico que usa modelos matemáticos probabilísticos que apontam para trechos onde a probabilidade de ocorrência de acidente é maior que o previsto. Adicionalmente, existe a técnica de conflitos que tem em conta a origem do acidente, sendo uma boa ajuda para a decisão do tipo de medidas a adotar. Para além disso, pode também fazer-se recurso à auditoria de segurança onde alguém com experiência em acidentes rodoviários verifica uma lista de requisitos, podendo ser realizada quer antes da abertura da estrada aos utentes, quer como forma de monitorização.

Segundo Ferreira (2002) o indicador de sinistralidade tem um papel importante nas tomadas de decisão pois todo o processo depende do indicador. No entanto, optar por um indicador em detrimento de outros não é consensual. Podemos avaliar a sinistralidade rodoviária de duas formas:

- De forma objetiva, tendo em conta o número de acidentes.
- De forma subjetiva, tendo em conta a perceção da segurança de cada utente no meio urbano.

Muitas vezes, as medidas aplicadas como resultado de uma tomada de decisão podem aumentar a perceção de segurança dos utilizadores das infraestruturas rodoviárias, sem contudo reduzir o número de acidentes. Por exemplo a introdução de uma passadeira sem a aplicação de medidas complementares que forcem por exemplo a redução de velocidade dos veículos poderá não significar a diminuição do número de acidentes. Se tomarmos como base o número de acidentes somos levados aos seguintes indicadores mais utilizados:

- Frequência de acidentes
- Taxa de acidentes

A frequência de acidentes é dada pelo número de acidentes de uma zona da rede dividido pelo número total de acidentes na rede, enquanto a taxa de acidentes será o número de acidentes dividido por uma medida de exposição. O indicador baseado na frequência de acidentes permite identificar os locais ou zonas com maior número de acidentes influenciando numa intervenção nesses locais ou zonas tendo assim um grande potencial de redução de acidentes. De acordo com a análise pretendida poderão ser adotadas diferentes medidas de exposição sendo as mais utilizadas a nível internacional:

- Número de habitantes
- Número de veículos registados
- Distância percorrida
- Tempo gasto nas viagens
- Número de viagens
- Volume de tráfego

A informação adquirida segundo as medidas de exposição poderá não estar em correspondência com o número de acidentes, uma vez que estes são registados continuamente e as medidas de exposição são registadas segundo determinados períodos de tempo e para determinados espaços.

Segundo Ferreira (2002) a decisão acerca de prioridade na intervenção dos locais será determinada por critérios de seleção, e estes farão com que o processo de tomadas de decisão seja mais automático, referindo vários critérios de seleção no seu trabalho destacando-se alguns exemplos: Critério da matriz de atribuição de prioridades com base na gravidade e frequência dos acidentes. Neste critério é usada a informação sobre a gravidade dos acidentes juntamente com informação sobre a frequência dos acidentes. Segundo a gravidade dos acidentes é determinado segundo o registo de vítimas ou de apenas danos materiais, não fazendo qualquer distinção na gravidade das vítimas devido à falta de exatidão na obtenção deste tipo de dados. Esta informação é caracterizada segundo o quadro seguinte:

Quadro 2 – Gravidade dos acidentes

Gravidade	Descrição
Com Vítimas	Acidente com pelo menos uma vítima
Só com Danos Materiais	Acidente sem vítimas

Fonte: Ferreira (2002)

Segundo a frequência são definidos três intervalos distintos entre si segundo um valor N que define a fronteira entre estes. O valor de N é definido num gráfico com a percentagem de locais com um determinado número de acidentes ou mais. Por exemplo determina-se número de acidentes que ocorre numa determinada percentagem de áreas. Esta informação será caracterizada segundo o quadro 3.

Quadro 3 – Frequência das ocorrências

Frequência das ocorrências	Descrição
Frequente	$\geq N$ acidentes/área num ano
Ocasional	$]1, N[$ acidente/área num ano
Improvável	≤ 1 acidente/área num ano

Fonte: Ferreira (2002)

Finalmente cruza-se a informação da gravidade com a frequência dos acidentes e obtemos a matriz apresentada no quadro 4.

Quadro 4 – Matriz – Gravidade/Frequência das ocorrências

GRAVIDADE	FREQUÊNCIA DAS OCORRÊNCIAS		
	Frequente	Ocasional	Improvável
Com Vítimas	Urgente	Alta	Média
Só com danos materiais	Alta	Média	Baixa

Fonte: Ferreira (2002)

No critério de seleção das áreas que concentrem uma percentagem de acidentes fixada como o objetivo para diminuir a sinistralidade é realizada uma divisão da área total em estudo em várias áreas mais pequenas, registando a percentagem de acidentes dessas pequenas áreas. Posteriormente são dispostas num gráfico e ordenadas por ordem decrescente de número de acidentes e é registada a percentagem acumulada de acidentes. Assim, pode definir-se uma percentagem de acidentes que se quer reduzir e tratar-se as áreas que somam essa percentagem de acidentes. Ficamos também com a certeza de que estamos a intervir nas áreas com maior número de acidentes uma vez que estas são dispostas no gráfico por ordem decrescente de número de acidentes. O gráfico da figura 1 pretende exemplificar uma situação de aplicação do critério de seleção das áreas que concentrem uma percentagem de acidentes fixada como o objetivo para diminuir a sinistralidade para uma redução de 70% dos acidentes, chegando a um resultado final que implica a intervenção em 4 áreas.

Este critério torna-se vantajoso se quisermos tratar um tipo específico de acidentes. Se o objetivo for reduzir o número de acidentes com vítimas mortais podemos aplicar o critério apenas para dados de sinistralidade com vítimas mortais. Neste critério, quanto mais refinada for a malha de áreas definida mais eficaz será a intervenção.

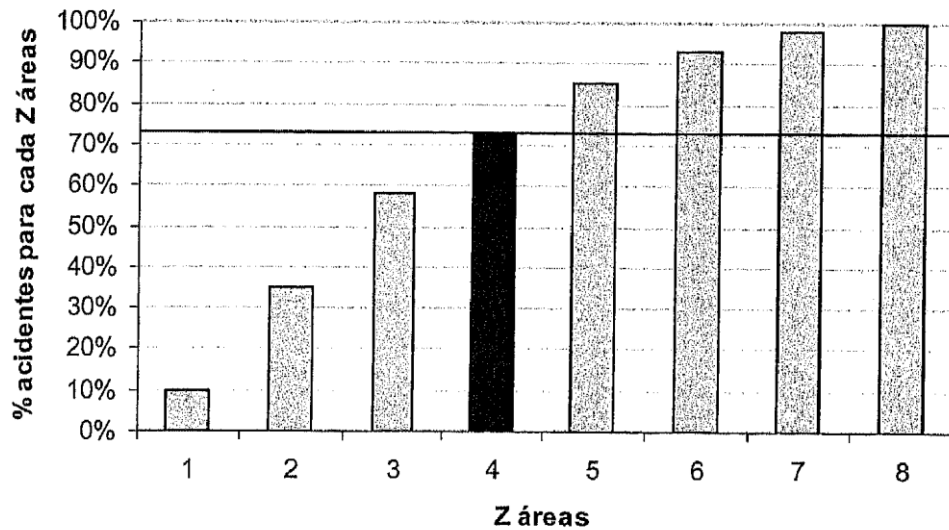


Figura 1 – Gráfico do critério de seleção de áreas (Fonte: Ferreira, 2002).

Critério de investimento (21). Neste critério é adotada uma metodologia que agrupa zonas de estudo com o mesmo tipo de características que estão associadas a um mesmo tipo de acidentes, levando assim a uma intervenção equivalente nessas zonas. Define-se assim uma forma de intervenção que será aplicada ao número de zonas N , com aplicação do critério de investimento (21) que define o número de locais n aos quais se aplica a intervenção com um determinado investimento. Este tipo de critério rege-se segundo a equação (1):

$$B_t = m_t p r_{st} b_s + m_t (1 - p) r_{pt} b_p - c_t \quad (1)$$

Em que:

B_t é o valor do benefício anual líquido;

m_t é o número de acidentes previsto por ano sem ser realizada a intervenção t a uma zona;

p é a relação entre o número acidentes em que tenha sido registado feridos ou mortos, e o total de acidentes para zonas com o mesmo tipo de características;

r_{pt} é valor esperado da redução da probabilidade de ocorrência de um acidente com danos materiais, após aplicada a intervenção t;

r_{st} é o valor esperado da redução da probabilidade de ocorrência de um acidente com feridos ou mortos após a execução da intervenção t;

b_p é o benefício associado à eliminação de um acidente com danos materiais;

b_s é o benefício associado à eliminação de um acidente com feridos ou mortos;

c_t é o custo associado à aplicação da medida de intervenção t a um local em custo total anual.

Fonte: Ferreira (2002)

A partir da equação (1) podemos obter a equação (2):

$$m_t = \frac{B_t + c_t}{pb_t r_{st} + (1-p)b_p r_{pt}} \quad (2)$$

Podemos assim obter o número de acidentes previsto por ano se quisermos obter um benefício anual líquido.

O investimento total será traduzido pela equação (3) com o custo por local associado à intervenção t tendo em conta a contribuição de c_t , custo associado à aplicação da medida de intervenção t para o intervalo de tempo considerado.

$$\sum_{t=1}^k n_t \times \text{custo por local} \quad (3)$$

Critério O-E. Neste critério é calculada a diferença entre o número de acidentes observados (O) e o número de acidentes esperado (E), sendo esta diferença calculada para cada local e para cada tipo de acidente. O valor de E é calculado a partir da equação (4).

$$E = A \times \left(\frac{B}{C} \right) \quad (4)$$

Em que:

A é o número total de acidentes de um determinado local.

B é o número de acidentes de um determinado tipo que ocorrem em toda a rede em estudo.

C é o número total de acidentes em toda a rede.

Fonte: Ferreira (2002)

2.4 Indicadores de sinistralidade

No trabalho realizado por Nogueira (2010), foi construída uma base de dados referentes ao concelho de Barcelos para o triénio de 2007, 2008, 2009, na qual se considerou vários tipos de indicadores de sinistralidade. Esses indicadores são descritos em seguida, tendo por base o modelo criado no trabalho realizado por Nogueira (2010).

2.4.1 Equação da Direcção Geral de viação

A Direcção Geral de Viação (DGV) usa a equação (5) para indicador de sinistralidade, IG, baseada no número de vítimas mortais, feridos graves e feridos ligeiros. Esta equação não leva em conta o Tráfego Médio Diário Anual nem o número de veículos envolvidos nos acidentes.

$$IG = 100 \times VM + 10 \times FG + 3 \times FL \quad (5)$$

Em que:

IG= Indicador de Gravidade;

VM= Vítimas Mortais;

FG= Feridos Graves;

FL= Feridos Ligeiros.

2.4.2 Equações definidas por PIARC

As equações definidas por PIARC (2003) são a de frequência de acidentes, a da taxa de acidentes, a da taxa critica e a do Índice de danos unicamente materiais.

2.4.2.1 Frequência de acidentes

Para o cálculo da frequência de acidentes é definido e usado o seguinte procedimento:

- Localizar todos os acidentes registados durante o período de análise;
- Definir as diferentes populações de referência;
- Calcular a frequência de acidentes em cada local para cada população de referência;
- Calcular a frequência média de acidentes na população de referência para cada população de referência.

Para o cálculo da frequência de acidentes, f_{ip} , é usada a equação (7).

$$f_{ip} = \frac{\sum_{j=1}^J j^J}{n} \quad (7)$$

Em que:

f_{ip} é a Frequência média de acidentes;

j^J é a Frequência de acidentes no local J de uma população de referencia;

n é o Número de locais.

2.4.2.2 Taxa de acidentes

O cálculo da taxa de acidentes, R_j , também necessita da localização de todos os acidentes registados no período em análise e da definição das populações de referência, para assim ser calculada a taxa de acidentes em cada local segundo a equação (8).

$$R_j = \frac{j^J \times 10^6}{365.25 \times PL_j Q_j} \quad (8)$$

Em que:

R_j é a taxa de acidentes na área j expressa em acidentes por milhão de veículos;

j^J é a frequência de acidentes na área J;

P é o período em análise (anos);

L_j é a área do local j;

Q_j é a média de tráfego diário anual do local j;

2.4.2.3 Taxa Crítica

Para o cálculo da taxa crítica, R_{cj} , é necessária a localização de todos os acidentes ocorridos para o período de análise para as diferentes populações de referência, e para cada uma é necessário calcular a taxa de acidentes para cada local, a taxa média de acidentes para a população de referência e a taxa crítica de acidentes em cada local:

$$R_{cj} = \sqrt{\frac{R_{rp} \times 10^6}{365.25 \times PL_j Q_j} + \frac{1 \times 10^6}{730.5 \times PL_j Q_l}} \quad (9)$$

Em que:

R_{rp} = Taxa de acidentes na área j (acidentes/milhão de veículos);

P = Período de análise (anos);

L_j = Área do local j (Cte=1);

Q_j = Média de tráfego diário do local j.

2.4.2.4 Índice de danos unicamente materiais

De acordo com a gravidade dos acidentes, sendo esta definida pelo tipo de vítimas de cada acidente, é atribuído um peso a cada acidente. Assim são definidas três categorias de gravidade segundo o tipo de vítimas de cada acidente, sendo estas:

- Acidentes com feridos graves ou vítimas mortais;
- Acidentes com feridos ligeiros;
- Acidentes com danos unicamente materiais.

Sendo que os acidentes com feridos graves ou vitimas mortais tomam uma maior importância. Assim, para o cálculo do índice de danos unicamente materiais são definidos os pesos indicados no quadro 5 a usar na equação (10) segundo a gravidade dos acidentes:

Quadro 51 – Peso de acordo com a gravidade do acidente

Gravidade do acidente	Peso
Acidentes com danos unicamente materiais	1
Acidentes com feridos ligeiros	3.5
Acidentes com feridos graves ou vítimas mortais	9.5

É então necessário localizar os acidentes ocorridos para o período de análise, definir as populações de referência, fazer a seleção do peso para cada categoria de acidente e, para cada população, calcular o índice de danos unicamente materiais segundo a equação:

$$EPDO_j = \sum w_i \times f_{ij} \quad (10)$$

Em que:

$EPDO_j$ = Índice de danos unicamente materiais na área j;

w_i = Factor de ponderação para um tipo de acidente i;

f_{ij} = Frequência do acidente tipo i na área j.

2.4.3 Equação definida pela UTCA

A abordagem utilizada pela equação definida pela UTCA (*University Transportation Center of Alabama*) é muito voltada para uma tomada de decisão com base nos custos dos acidentes, e como tal atribui custos a cada tipo de acidente de acordo com a sua gravidade.

Este método também está associado ao reconhecimento de locais onde há maior frequência de acidentes e, por conseguinte, os locais onde os custos dos acidentes são maiores terão maior necessidade de intervenção por forma a melhorar as condições de segurança da via (UTCA,2005).

Este indicador de sinistralidade define a gravidade dos acidentes segundo vítimas mortais, feridos graves, feridos ligeiros e danos materiais.

Os custos atribuídos a cada tipo de gravidade são ilustrados no quadro 6.

Quadro 62 – Níveis de gravidade e custos equivalente

Níveis de gravidade	Custos em dólar por acidente	Custos em euro por acidente
Vítimas mortais	3000000	2000000
Feridos graves	500000	333333
Feridos ligeiros	50000	33333
Só danos materiais	10000	6666

Após atribuídos os custos a cada tipo de gravidade são então realizados os cálculos para determinação do nível de gravidade de cada local.

$$C = \frac{(CustoVM) \times (VM) + (CustoFG) \times (FG)}{VM + FG} \quad (11)$$

$$KC = \frac{(CustoVM \& FG)}{Custo PDO} \quad (12)$$

$$KC_2 = \frac{(CustoFL \& PDO)}{Custo PDO} \quad (13)$$

$$EPDO = KC \times (VM + FG) + KC_2 \times (FL + PDO) + PDO \quad (14)$$

$$SI = \frac{EPDO}{Y} \quad (15)$$

Em que:

C – Custo médio para as vítimas mortais e feridos graves;

KC – Coeficiente de custos das vítimas mortais e feridos graves;

KC_2 – Coeficiente de custos para os feridos ligeiros;

VM – Vítimas mortais;

FG – Feridos graves;

FL – Feridos ligeiros;

PDO – Danos somente materiais;

SI – Nível de gravidade.

2.5 Análise Multicritério

Baseado na análise multicritério será analisado o caso de estudo do conselho de Barcelos, classificando a sua rede viária de acordo com a sinistralidade, aumentando a base de dados existente (2007-2009) para os anos seguintes (2010-2014) e avaliando posteriormente a influência da hierarquia viária nessa classificação.

Muitas aplicações tecnológicas modernas têm a capacidade de abordar os problemas tendo em conta diferentes critérios. No seu processo de resolução de problemas são usadas diferentes alternativas por forma a obter o resultado para cada problema. Usualmente é encontrada uma solução que satisfaça os objetivos do problema, baseada apenas num critério. Este tipo de solução tem a limitação de satisfazer apenas o critério segundo o qual foi trabalhada. Depois de obter as diferentes soluções, cada uma baseada em diferentes critérios, torna-se um pouco difícil escolher a solução final pois ao escolhermos uma solução em detrimento das outras podemos não estar a satisfazer um grande número de critérios. Assim, deverá ser usada uma análise multicritério onde se combina os diferentes critérios ou modos de abordar o problema por forma a obter uma solução que seja mais abrangente (Yager, 2012).

O processo de tomada de decisão realizada com base numa análise multicritério tem em conta um número de critérios que estão relacionados com o problema em questão e é necessário que as entidades que o realizem tenham uma capacidade introspetiva para identificar e organizar esses critérios. Essas entidades devem constantemente ter em conta a existência de outros critérios que, não sendo utilizados no modelo, possam ter importância para o problema, e deverão organizar os critérios de forma controlada tendo em consideração a envolvente do processo tendo em conta o resultado que será obtido com a decisão final.

O processo de tomada de decisão num problema é tão mais eficaz quanto maior for o número de entidades que participem no processo, pois cada entidade terá os seus pontos de vista e as suas prioridades. Estes pontos de vista e prioridades podem ser conflituosos entre si, tornando difícil o desenvolvimento de métodos ou instrumentos de apoio que facilitem a tomada de decisão. Por exemplo, em alguns casos, a solução ajustada a todos os critérios pode não corresponder a solução ótima (Ramos, 1995).

De forma geral, a abordagem de um problema de tomada de decisão usando modelos de análise multicritério deve-se ao fato desse problema não ter um único objetivo. No passado as tomadas de decisão eram afetadas por apenas um objetivo. Com uma análise multicritério é proporcionada uma maior informação às tomadas de decisão, permitindo um maior ajuste ao problema e um maior fundamento (Ramos, 1995).

A forma de elaborar a resolução de um problema por meio de uma análise multicritério depende dos critérios que serão usados nessa análise e dos seus intervenientes que se complementam nessa execução. Assim, podemos chegar a um modelo final que satisfaz melhor umas ou outras entidades intervenientes na resolução do problema. Por exemplo, uma das entidades intervenientes no problema poderá ter que suportar o custo da solução final a adotar, e desta forma irá tomar uma atitude que terá como um dos principais objetivos a minimização dos custos. No entanto, outras entidades intervenientes no modelo poderão não dar tanta importância os custos, passando estes para segundo plano (Costa e Beinart, 2010).

Uma análise multicritério permite a quem tem a responsabilidade de tomar decisões ter a capacidade de o realizar tendo em conta solucionar objetivos específicos do problema, com a noção da existência de várias alternativas e objetivos complementares (Bastos *et al.* 2011).

Segundo Yager (2012) a forma mais comum de realizar uma abordagem multicritério aos problemas é a combinação de instruções e expressões matemáticas sendo uma das mais utilizadas a expressão (6) qua atribui pesos para cada critério utilizado na expressão.

$$C_{(x)} = \sum_{i=1}^n w_i C_i(x) \quad (16)$$

Onde o valor dos pesos w_i satisfazem as condições $w_i \in [0,1]$ e $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.



Uma das propriedades deste tipo de análise é a possibilidade de fazer com que cada critério possa ter mais ou menos importância através do seu peso dando prioridade a alguns critérios em detrimento de outros.

3. ESTUDO DE CASO – DISTRIBUIÇÃO DA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA NA REDE VIÁRIA DE BARCELOS PARA OS ANOS DE 2010 A 2014

Neste capítulo é realizada a aplicação do modelo de caracterização da rede viária tendo como estudo o caso prático do concelho de Barcelos.

3.1 Introdução

O caso de estudo pretende desenvolver um modelo já elaborado por Nogueira (2010) para os anos 2007, 2008, 2009 fazendo uma distribuição da sinistralidade rodoviária no concelho de Barcelos para os anos 2010 a 2014 e estudar a influência de uma hierarquia viária nesse modelo.

Os mapas da rede viária utilizados são resultado dos mapas usados pelo estudo para os anos 2007, 2008, 2009 juntamente com os mapas atualizados cedidos pela Câmara Municipal de Barcelos.

Os dados foram fornecidos pelo Departamento de Transito da ANSR sendo resultado dos boletins estatísticos de acidentes de viação. Estes permitiram o desenvolvimento da base de dados usada neste estudo sendo uma tarefa complicada e demorada pois os dados nem sempre correspondiam literalmente com a toponímia da rede levando a uma demora na identificação da localização dos sinistros e em alguns casos ao descartar da informação não sendo usada na base de dados. Os casos descartados são na sua totalidade impossíveis de localizar com a exceção de dois casos: um é um registo que se encontra repetido ou seja, regista o mesmo acidente duas vezes, e outro caso é um acidente na rede ferroviária.

Para a compilação da base de dados relativos ao período de 2010 a 2014 foram analisados cada um dos acidentes registados. Por cada registo foi realizada a sua localização segundo a freguesia e rua. Para cada segmento da rede (Freguesia mais Rua) foram-se registando os somatórios do número de acidentes, número de vítimas mortais, número de feridos graves e número de feridos ligeiros sendo este registo realizado numa tabela para ser mais fácil o processamento desses dados.

A maior dificuldade deste processo de localização foi encontrada em casos que são exemplo: O nome da rua em que foi realizado o registo não corresponde com a toponímia da rede atual; Estradas Nacionais, Estradas Municipais e Caminhos Municipais que para a mesma freguesia correspondam a mais de uma rua e o registo não foi realizado com o nome da rua. Este caso leva a recurso do km em que o acidente ocorreu para poder ter a localização do acidente no segmento correto.

O estudo define vários indicadores de sinistralidade utilizando-os numa análise multicritério para obter os resultados levando a uma forma de auxílio em tomadas de decisão sobre como dar prioridade de intervenção nos locais com maior gravidade. Contudo o modelo permite uma enorme versatilidade permitindo a quem toma as decisões poder definir quais os parâmetros que irão ter mais ou menos influência na decisão final. Por exemplo, o modelo permite que a decisão seja baseada exclusivamente num único dado (EX: Número de Acidentes) ou numa ponderação de vários dados (EX: ISR).

3.2 Município de Barcelos

O concelho de Barcelos alberga uma área de 378.91 Km^2 , sendo no país o concelho com o maior número de freguesias, 89 representadas na figura 2, até 2014 onde foi adotada a lei aprovada pelo Parlamento levando ao aparecimento das Uniãos de Freguesias passando a ser 61. Para todos os efeitos, neste estudo não foi adotado o tratamento dos dados com a união de freguesias por forma a manter a base de dados coerente. O Município de Barcelos fica no distrito de Braga, é atravessado pelo rio Cávado, que flui na direção nascente para poente dividindo o concelho sensivelmente a meio, e é um dos vinte e três municípios com mais de 100 mil habitantes sendo cerca 120 mil. Assim o concelho tem uma densidade populacional média de 326 hab/Km^2 correspondendo sensivelmente a duas vezes a média da Região Norte e três vezes a média do continente. As suas fronteiras são a Norte Viana do Castelo e Ponte de Lima, a leste por Vila Verde e Braga, a sudeste por Vila Nova de Famalicão, a sudoeste por Póvoa do Varzim e a oeste por Esposende.

Barcelos situa-se nas proximidades de algumas infraestruturas de grande conectividade destacando-se:

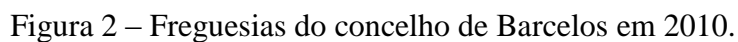
- Aeroporto e Porto Comercial de Vigo (Galiza, Espanha).
- Porto Comercial de Viana do Castelo.



- Porto de Leixões e Aeroporto Francisco Sá Carneiro na Área Metropolitana do Porto.
- Plataformas transfronteiriças de Chaves e Valença.

De ajuda com a conectividade com estas infraestruturas de grande conectividade destacam-se três troços de Autoestrada que passam pelo concelho de Barcelos:

- Auto Estrada A3 – Faz ligação Porto-Valença (faz parte da Estrada Europeia E01).
- Auto Estrada A11 – Faz ligação Apúlia (A28) -Castelões (Penafiel A4).
- Auto Estrada A28 – Faz ligação Porto-Caminha.



Dissertação de Mestrado – Luis Pereira

- EN103 – Faz ligação Viana do Castelo a Bragança passando por Barcelos, Braga e Chaves.

- EN103-1 – Faz ligação Barcelos a Esposende.

- EN204 – Faz ligação Ponte de Lima a Santo Tirso passando por Barcelos e Vila Nova de Famalicão.

EN205 – Faz ligação Arco de Baúlhe a Póvoa do Varzim passando por Cabeceiras de Basto, Póvoa do Lanhoso Amares e Barcelos.

- EN306 – Faz Ligação Paredes de Coura a Modivas (EN13) passando por Ponte de Lima e Barcelos.

Estas artérias (Autoestradas e Estradas Nacionais) são as principais infraestruturas rodoviárias que permitem o fluxo de tráfego entre Barcelos e a Região envolvente ao concelho, estando representadas na figura 3 com a exceção da EN306.

A configuração da rede viária torna a cidade de Barcelos no ponto central do concelho tomando com as estradas nacionais uma configuração radial. Esta configuração é resultado maioritariamente da topografia do terreno e dos fluxos historicamente dominantes ligando assim as freguesias do concelho e a cidade de Barcelos fazendo assim também a ligação com os outros concelhos circundantes de Barcelos.

Juntamente com esta disposição radial da rede com foco na cidade de Barcelos existe também na zona central do concelho uma infraestrutura rodoviária que circunda a cidade como demonstra a figura 4. Esta infraestrutura dá conectividade entre as estradas EN103, EN103-1, EN204, EN205, EN306 e tem também acesso com a Autoestrada A11.

Segundo a Camara Municipal de Barcelos (2011) e a sua estratégia municipal, a maioria dos movimentos casa-trabalho e casa-escola apresentam alguns padrões comuns que tem uma influência enorme nos fluxos de tráfego do concelho e da região. Apesar da Câmara Municipal usar informação correspondente aos censos realizados em 2001 não previam uma alteração significativa dos padrões de fluxo de tráfego, contudo previam diferentes números. Estes padrões estão relacionados com a proximidade dos concelhos envolventes e a oferta de serviços quer de Barcelos quer da Região.

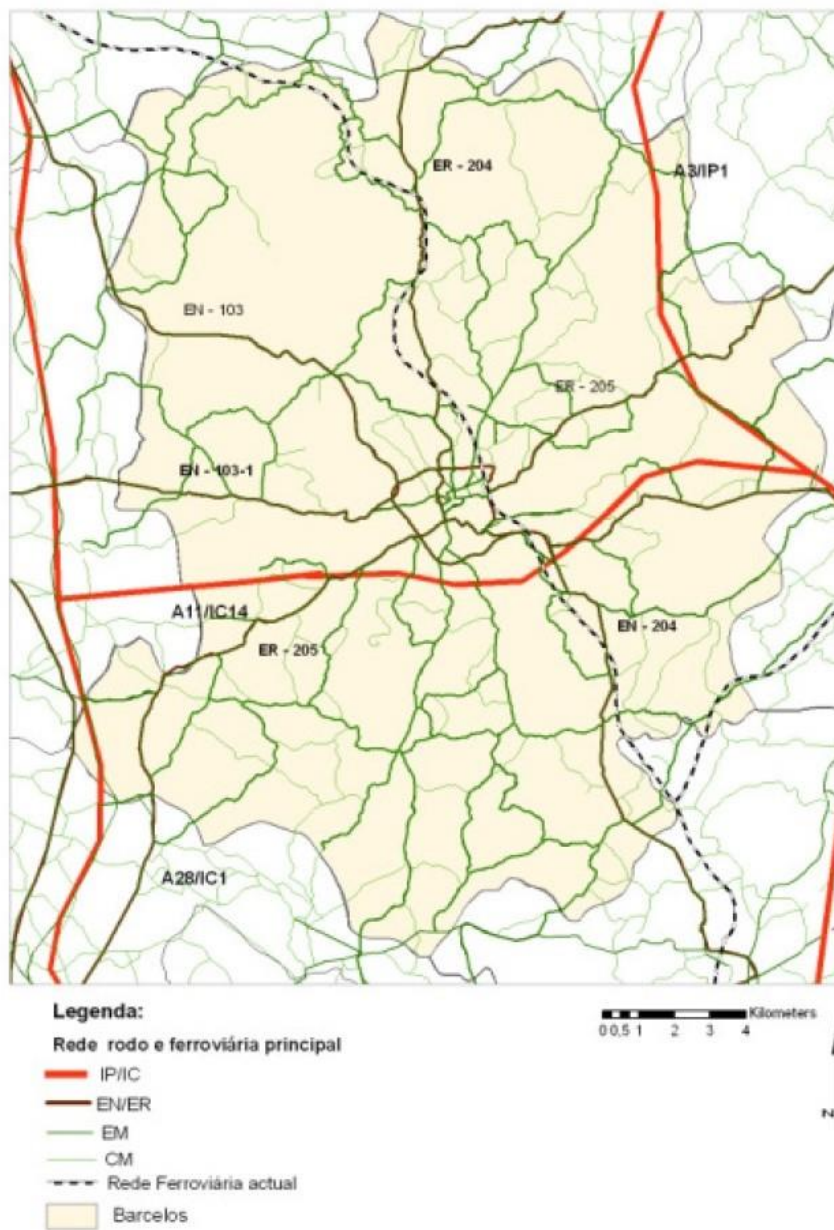


Figura 3 – Principais artérias da rede rodoviária e ferroviária de Barcelos (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2011).



Figura 4 – Circular incompleta de Barcelos (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2011).

Destes padrões de deslocamentos casa-trabalho e casa-escola (os valores apresentados dizem respeito a dados dos censos de 2001) destacam-se:

- O quadrilátero do qual fazem parte Barcelos, Braga, Vila Nova de Famalicão e Guimarães com uma saída de 5766 pessoas de Barcelos e com a entrada de 2472 pessoas em Barcelos. No quadrilátero, a maior significância destes valores é Braga seguido de Vila Nova de Famalicão.

- O Cávado tendo este padrão Barcelos como seu centro e a sua relação com o vale do cavado como principal foco de atração. É de destacar neste padrão movimentos entre Esposende e Vila Verde.

- O Grande Porto onde se verificam mais saídas de Barcelos em contraste com entradas. Para além do Porto também estão incluídos neste padrão Vila do Conde e Póvoa do Varzim.

- O Minho-Lima apenas com deslocamentos de Viana do Castelo e Ponte de Lima apresentando também uma maior saída de pessoas do que entrada de pessoas.

- Regiões urbano-industriais do Ave, este padrão apresenta uma menor significância e excetua Guimarães e Vila Nova de Famalicão que estão representadas no quadrilátero, mas ainda assim mantem fluxos com o Tâmega e Sousa.

Estes Padrões encontram-se representados na figura 5, mas os valores representados dizem respeito aos dados dos censos de 2001.

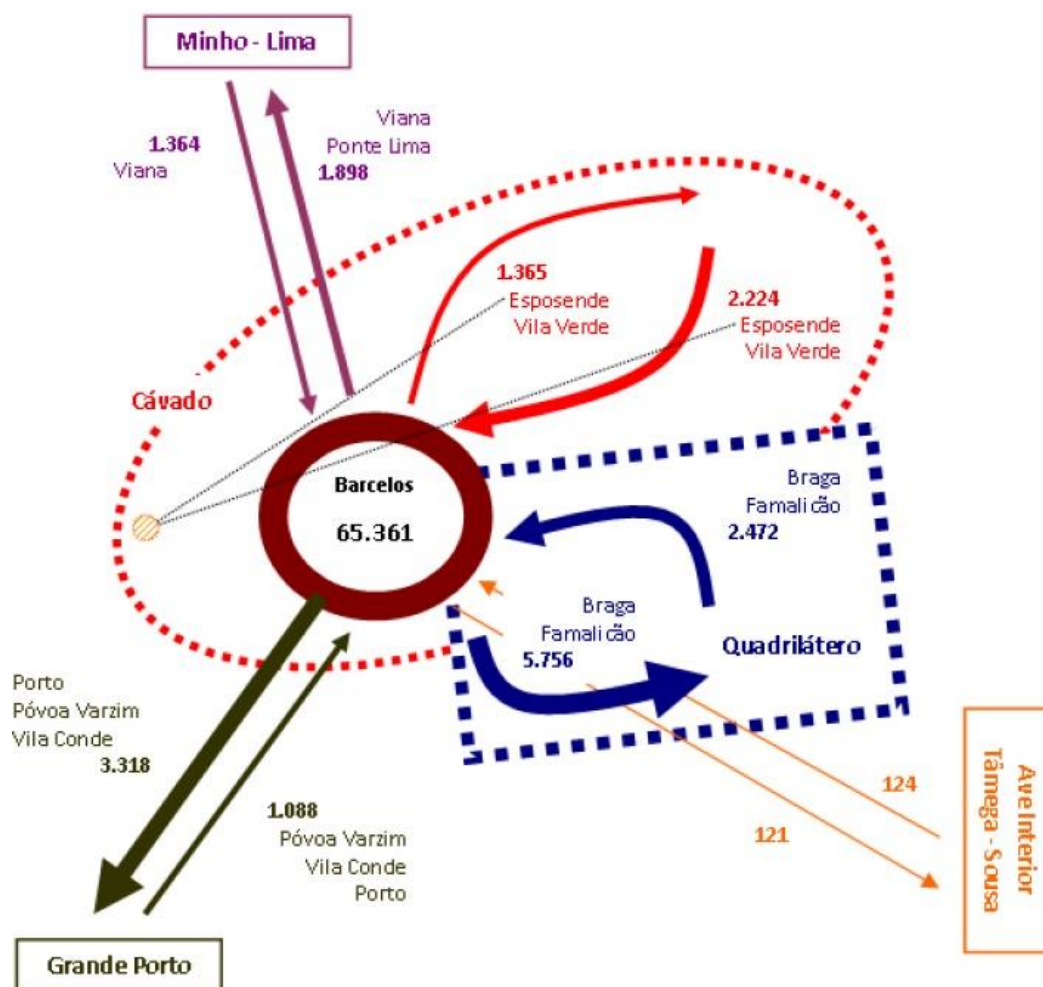


Figura 5 – Esquema representativo dos padrões com os movimentos casa-trabalho casa-escola (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2011).

3.3 Barcelos e a Sinistralidade Rodoviária

Para este estudo foram abordados os anos desde 2010 a 2014 sendo registados um total de 1748 acidentes. A figura 6 representa a distribuição dos acidentes ao longo dos 5 anos.

É possível perceber uma diminuição do número de acidentes, especialmente se compararmos o ano de 2010, sendo registados 410 acidentes, com os restantes anos tendo uma média de 334.5 acidentes registados.

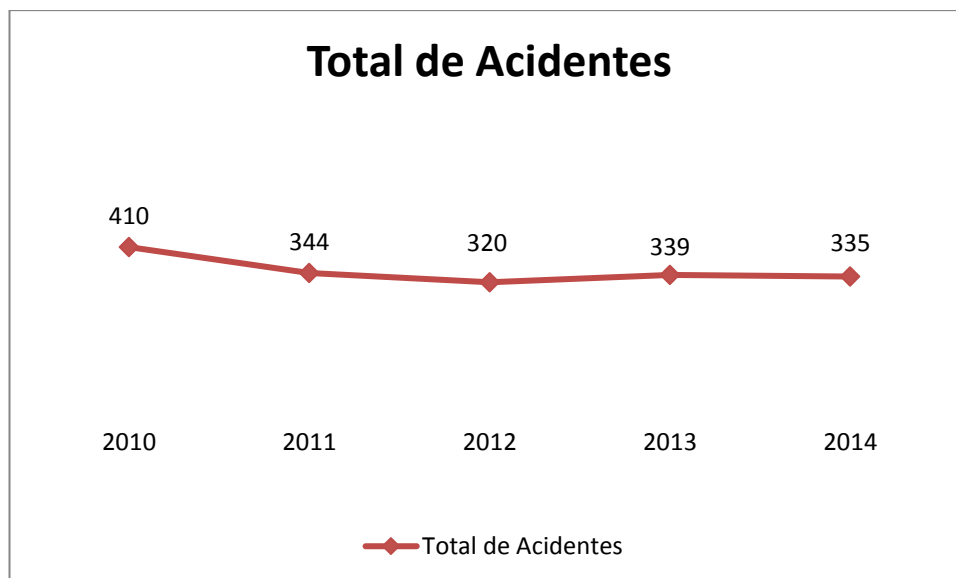


Figura 6 – Distribuição dos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

Quando a estes dados se adiciona os dados de 2007 a 2009 com 340 acidentes em 2007, 338 em 2008 e 340 em 2009, é possível perceber que em 2010 houve um número de acidentes um pouco mais elevado. Este tipo de informação pode desde logo ser importante para quem faz o estudo e tem como função gerir a rede, pois deverá ser do seu conhecimento se algo estava diferente no ano específico em que houve esta discrepância no número de acidentes.

Os dados também nos permitem saber o número e tipo de vítimas segundo a sua gravidade. Assim, o quadro 7 mostra a totalidade e o tipo de vítimas ocorridos desde 2010 a 2014 com os seguintes valores:

2010 – Com 410 acidentes e um total de 13 vítimas mortais, 29 feridos graves e 535 feridos ligeiros.

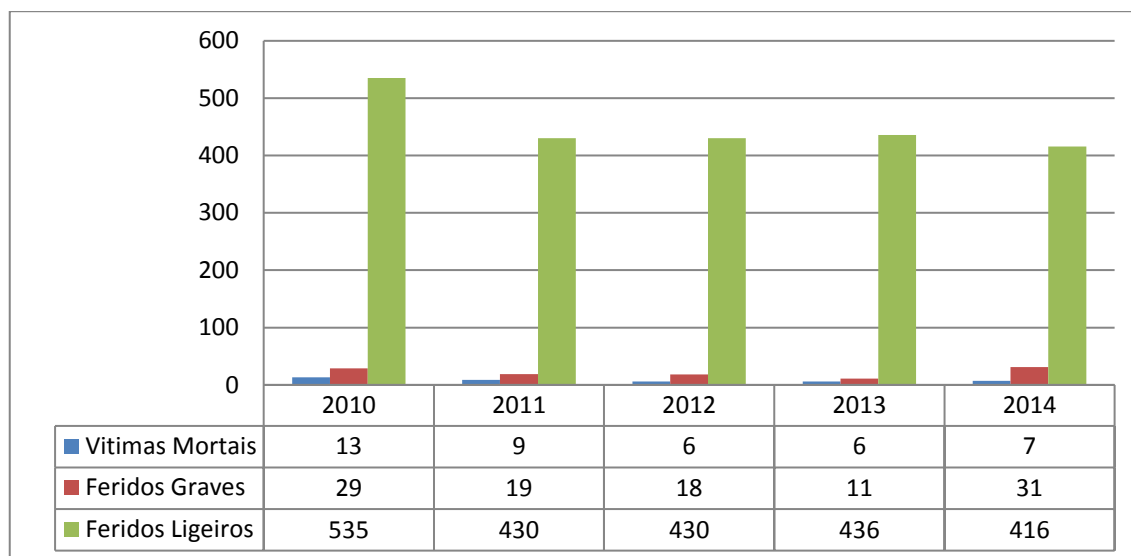
2011 – Com 344 acidentes e um total de 9 vítimas mortais, 19 feridos graves e 430 feridos ligeiros.

2012 – Com 320 acidentes e um total de 6 vítimas mortais, 18 feridos graves e 430 feridos ligeiros.

2013 – Com 339 acidentes e um total de 6 vítimas mortais, 11 feridos graves e 436 feridos ligeiros.

2014 – Com 335 acidentes e um total de 7 vítimas mortais, 31 feridos graves e 416 feridos ligeiros.

Quadro 73 – Total de vítimas ocorridas de 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.



Segundo os dados é também possível obter o número de veículos envolvidos representados na figura 7.

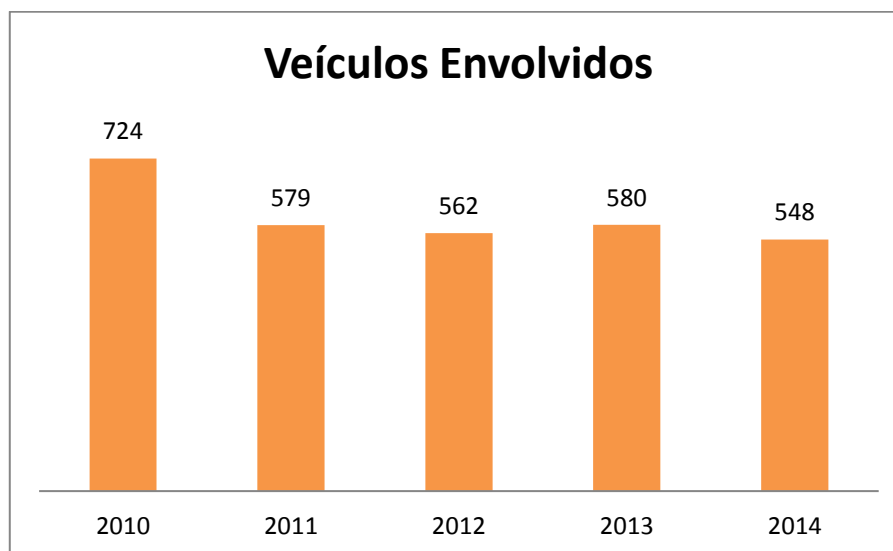


Figura 7 – Total de veículos envolvidos nos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

Quer no número de vítimas (mortais, feridos graves e ligeiros), quer no número de veículos envolvidos nos acidentes, o ano de 2010 teve valores superiores comparativamente com os restantes anos considerados no estudo.

É possível fazer também uma análise segundo o tipo e localização dos acidentes. Assim, segundo o tipo dos acidentes é possível perceber na figura 8 que a maioria dos acidentes são colisões, representando 60% da totalidade dos acidentes, seguido de despistes, representando 27% dos acidentes e os atropelamentos são os restantes 17% dos acidentes, num espaço temporal de 5 anos em análise.

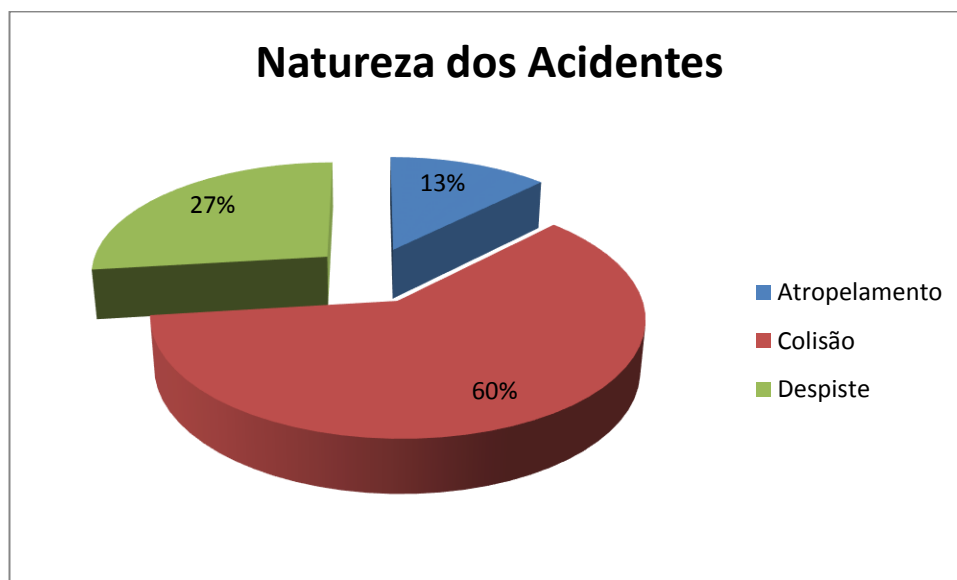


Figura 8 – Natureza dos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

No que diz respeito à localização dos acidentes, 95% dos registos correspondem a acidentes dentro das localidades e consequentemente os restantes 5% representam os acidentes fora das localidades como se apresenta na figura 9.

Em termos de distribuição mensal dos acidentes é possível verificar que os meses com maior número de acidentes são Maio com 163, seguido por Julho com 158 e Dezembro com 153. Por outro lado, os meses com menos registos são Janeiro com um total de 133, Abril com 134 e Fevereiro com 138.

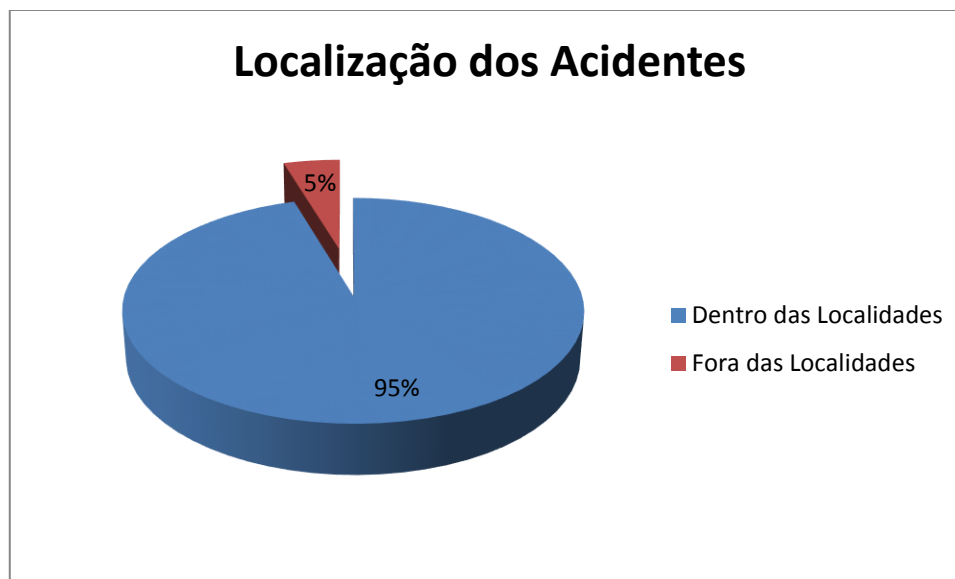


Figura 9 – Localização dos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

Na figura 10 encontra-se representado a distribuição dos acidentes ao longo dos meses para o total dos 5 anos em estudo.

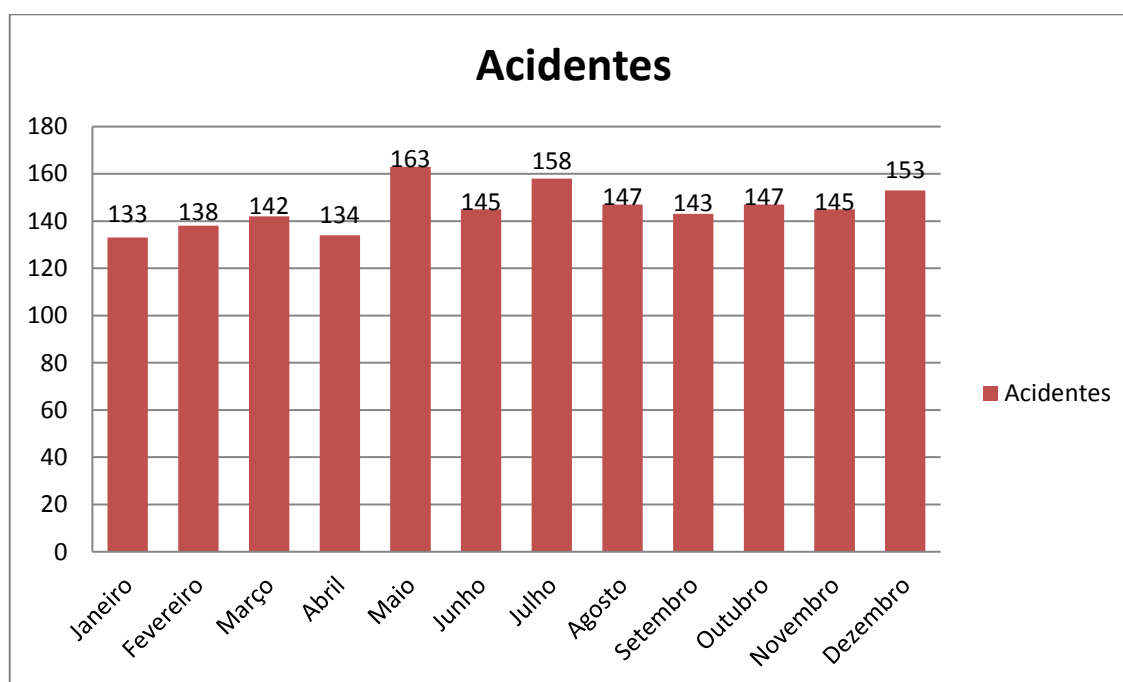


Figura 10 – Distribuição dos acidentes ao longo dos meses do ano desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

Segundo uma análise dos registos em termos de hora de ocorrência é possível perceber a existência de alguns picos de ocorrências de acidentes em algumas horas do dia, sendo que

a parte do dia com maior número de registos diz respeito ao período do final do dia, em que os utentes regressam do trabalho/escola para casa.

Na figura 11 é possível observar a distribuição dos registos de acidentes segundo a hora de ocorrência.

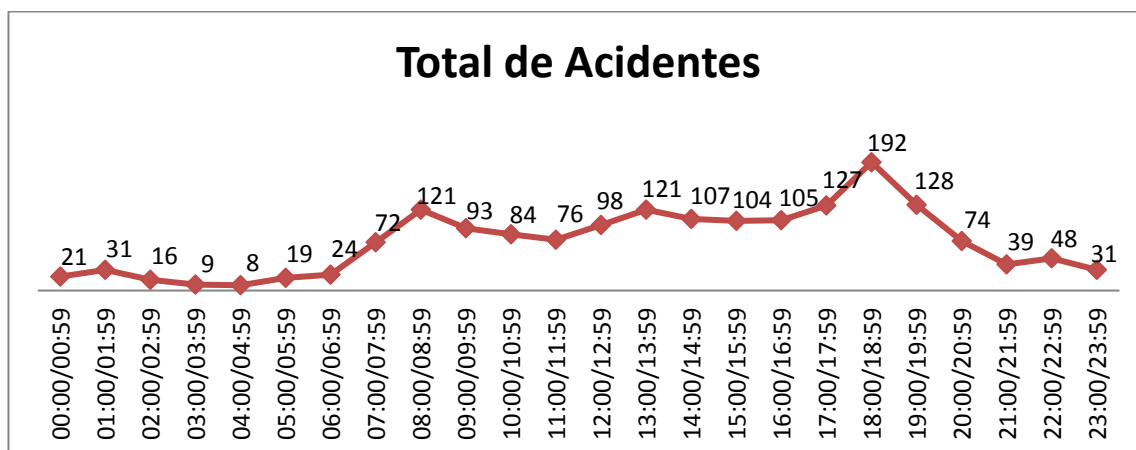


Figura 11 – Distribuição dos acidentes segundo hora de ocorrência desde 2010 a 2014

Com a rede utilizada no trabalho realizado por Nogueira (2010) e os mapas atualizados cedidos pela Câmara Municipal de Barcelos foi possível criar a rede de estradas na totalidade do concelho que se encontra representada na Figura 12.



Figura 12 – Rede de estradas do concelho de Barcelos.

Da associação entre os dados e os mapas da rede final é possível criar mapas que ilustram os dados da sinistralidade. Assim, na figura 13 é possível a rede viária segundo a totalidade dos acidentes ao longo dos 5 anos do estudo.

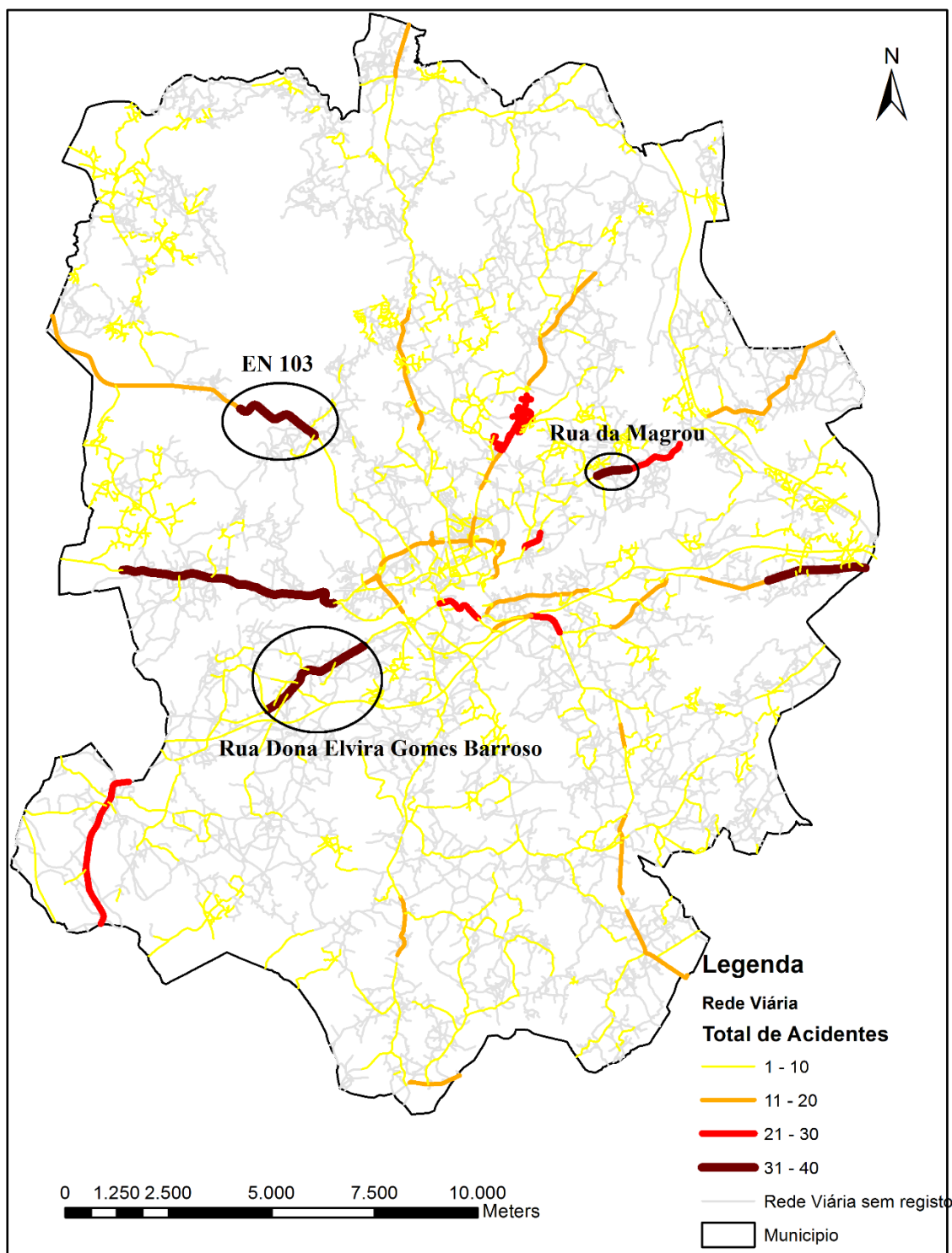


Figura 13 – Dispersão dos acidentes na rede viária desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

Para criação deste mapa foi levado em conta a estrada que teve o maior número de acumulação de acidentes nos 5 anos sendo que o valor máximo registado foi 40. A partir

desse valor foram criadas 4 classes com igual amplitude de intervalo. No quadro 8 apresentam-se as ruas com o maior número de registo de acidentes.

Quadro 84 – Registos com maior número de acidentes desde 2010 a 2014

Freguesia	Local	Total de Acidentes
Manhente	EN205 Rua da Magrou	40
Gilmonde	EN205 Rua Dona Elvira Gomes Barroso	37
Vilar do Monte	EN103	37
Martim	EN103	33
Mariz	EN103-1 Rua Afonso Nunes	32
Perelhal	EN103-1 Rua Frei Pedro de Perelhal	31
Gamil	EN103	30
Barqueiros	EN205	29
Galegos (São Martinho)	EN205	27
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	24
Barcelinhos	Rua Irmãos la Salle	22
Lijó	EN306 Monte (Rua Combatentes do UltraMar; Travessa do Loteamento da Granja)	21
Lama	EN205	20
Negreiros	EN206	18
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	18
Arcozelo	Complexo Rodoviário de Barcelos	17
Silveiros	EN204 Rua Principal	17
Carapeços	EN204 (Rua João de Carapeços)	16
Roriz	EN306 Rua São Miguel de Roriz	16

Do quadro é possível perceber que as vias com o maior registo de acidentes são a Rua da Magrou em Manhente, com um registo de 40 acidentes, seguida da Rua Dona Elvira Gomes Barroso em Gilmonde e a Estrada Nacional 103 em Vilar do Monte, ambas com um registo de 37 acidentes.

Na figura 14 é possível observar a distribuição dos acidentes na rede segundo o número de veículos envolvidos nos acidentes.

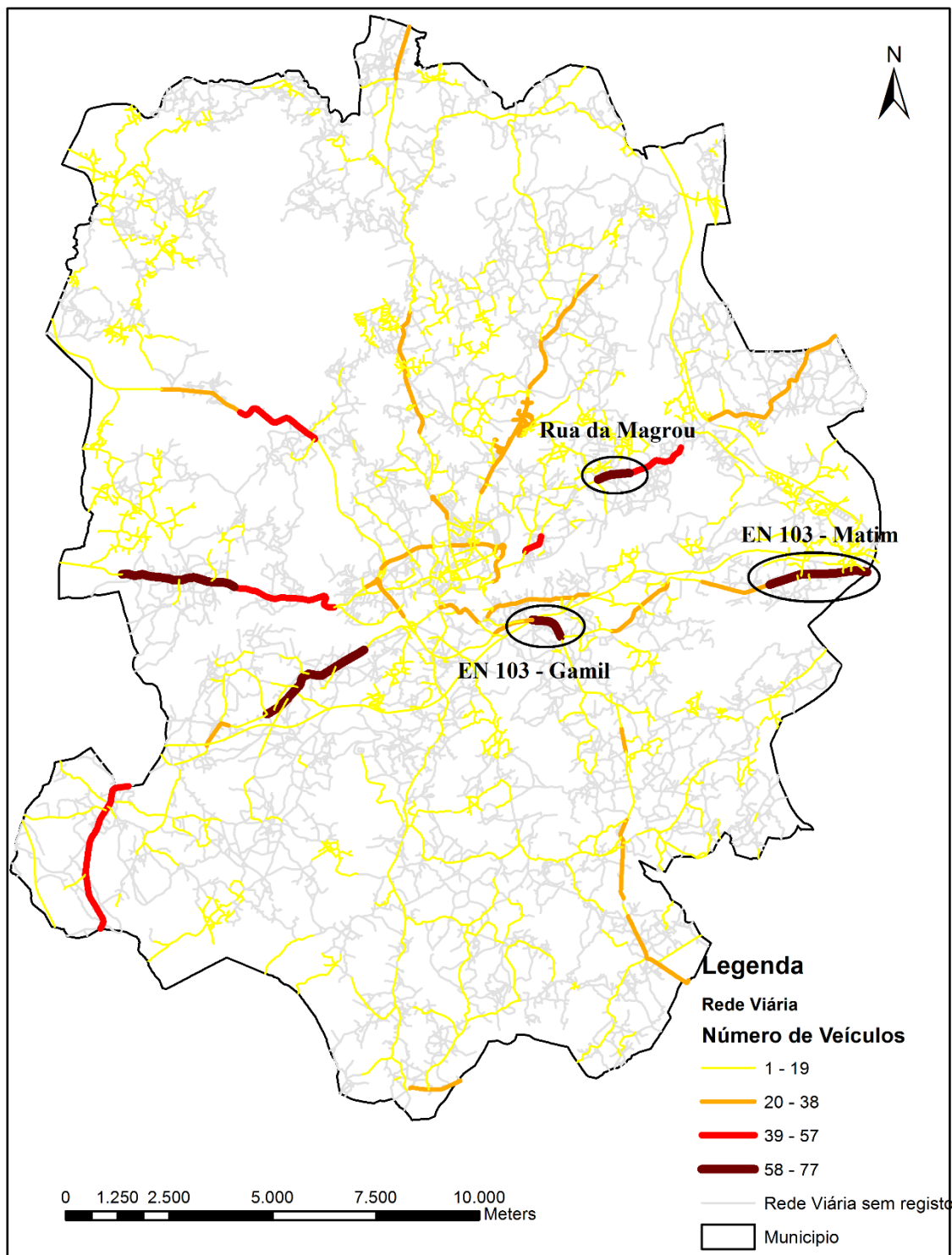


Figura 14 – Numero de veículos envolvidos nos acidentes desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

Na criação deste mapa foi usado o mesmo raciocínio usado para o mapa da totalidade dos acidentes. Assim o maior número de veículos envolvidos nos acidentes num segmento da rede foi 77 sendo assim criadas 4 classes com amplitude idêntica.

No quadro 9 apresentam-se os segmentos da rede com maior registo de veículos envolvidos nos acidentes.

Quadro 95 – Segmentos com maior número de veículos envolvidos nos acidentes.

Freguesia	Local	Número de Veículos
Manhente	EN205 Rua da Magrou	77
Gamil	EN103	74
Martim	EN103	73
Gilmonde	EN205 Rua Dona Elvira Gomes Barroso	69
Perelhal	EN103-1 Rua Frei Pedro de Perelhal	63
Mariz	EN103-1 Rua Afonso Nunes	57
Vilar do Monte	EN103	55
Galegos (São Martinho)	EN205	54
Barqueiros	EN205	50
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	47
Negreiros	EN206	38
Lijó	EN306 Monte (Rua Combatentes do UltraMar; Travessa do Loteamento da Granja)	35
Lama	EN205	33
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	33
Barcelinhos	Rua Irmãos la Salle	32
Silveiros	EN204 Rua Principal	30
Carapeços	EN204 (Rua João de Carapeços)	28
Viatodos	EN204 Rua Santa Maria de Viatodos	28
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	27
Arcozelo	Complexo Rodoviário de Barcelos	26
Rio Covo (Santa Eugénia)	EN103	26
Ucha	EN205	24
Feitos	EN103	24
Silva	EN204 Rua da Estrada	24

Do quadro é possível observar que o maior número de veículos envolvidos na totalidade dos acidentes de um segmento da rede é de 77 na Rua da Magrou em Manhente seguida de dois segmentos da Estrada Nacional 103 sendo um em Gamil com 74 veículos e o outro em Martim com 73.

Inicialmente foram criados os mapas segundo a gravidade das vítimas dos acidentes obtendo assim mapas com a distribuição dos feridos ligeiros, feridos graves e vítimas mortais.

Na figura 15 é possível observar o mapa com a distribuição dos acidentes com feridos ligeiros para os 5 anos em estudo. Para a criação das classes neste mapa foi levado em conta o maior valor registado num segmento da rede, sendo esse valor igual a 62. A partir desse valor foram criadas 4 classes de amplitude idêntica, obtendo-se assim as seguintes classes: uma classe com valores de 1 a 15, uma com valores de 16 a 31, uma classe com valores de 32 a 46 e uma classe com valores de 47 a 62.

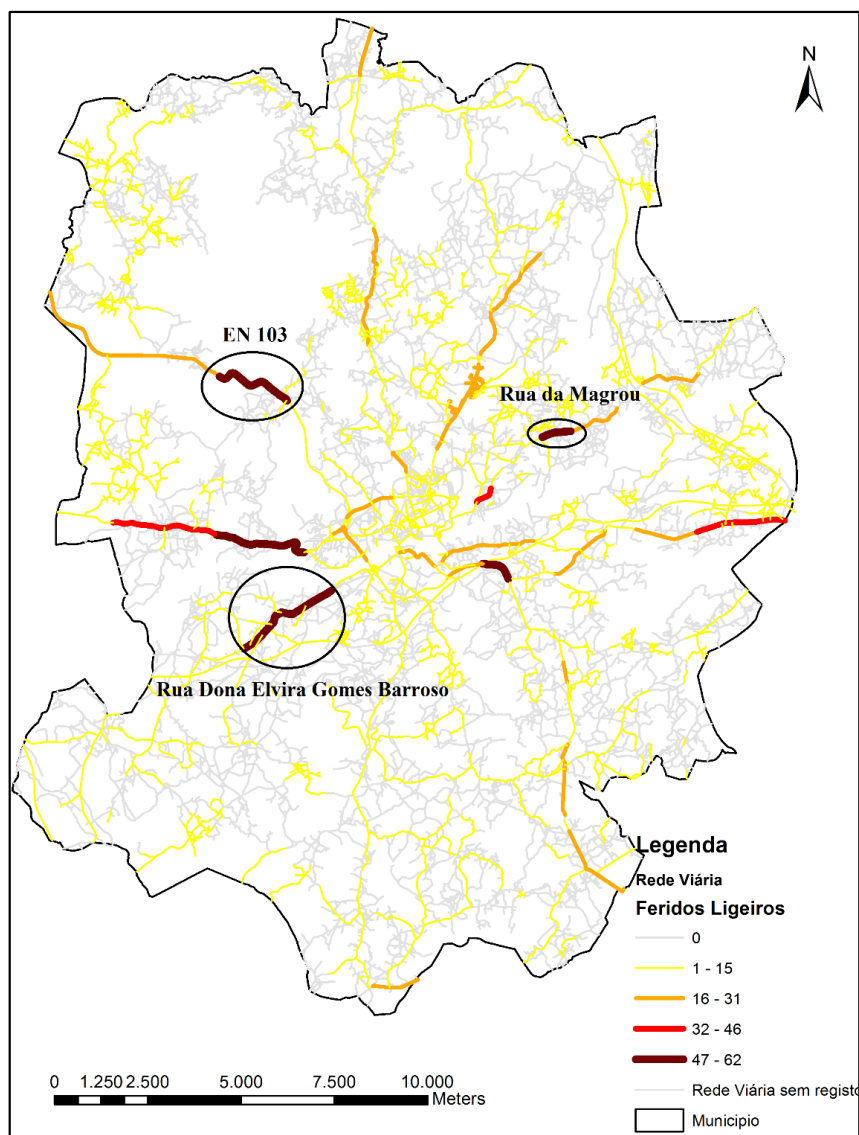


Figura 15 – Dispersão da totalidade dos registos de feridos ligeiros desde 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

No quadro 10 é possível observar os segmentos da rede onde houve um maior registo de feridos ligeiros.

Quadro 10 – Segmentos da rede com maior registo de feridos ligeiros desde 2010 a 2014

Freguesia	Local	Feridos Ligeiros
Manhente	EN205 Rua da Magrou	62
Vilar do Monte	EN103	56
Gilmonde	EN205 Rua Dona Elvira Gomes Barroso	53
Mariz	EN103-1 Rua Afonso Nunes	48
Gamil	EN103	47
Martim	EN103	43
Vila Seca	EN205	40
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	36
Perelhal	EN103-1 Rua Frei Pedro de Perelhal	35
Galegos (São Martinho)	EN205	30
Barcelinhos	Rua Irmãos la Salle	29
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	27
Lama	EN205	26
Lijó	EN306 Monte (Rua Combatentes do Ultra Mar; Travessa do Loteamento da Granja)	25
Negreiros	EN206	24
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	22
Rio Covo (Santa Eugénia)	EN103	22
Roriz	EN306 Rua São Miguel de Roriz	21
Viatodos	EN204 Rua Santa Maria de Viatodos	20
Adães	EN103	20

Através da análise dos dados é possível observar que a Rua da Magrou (Estrada Nacional 205) em Manhente obteve o maior registo de feridos ligeiros com um total de 62, seguido da Estrada Nacional 103 em Vilar do Monte com 56 feridos ligeiros e a Rua Dona Elvira Gomes Barroso (Estrada Nacional 205) em Gilmonde com 53 feridos ligeiros.

Na figura 16 é possível observar no mapa da rede a distribuição dos feridos graves na rede viária.

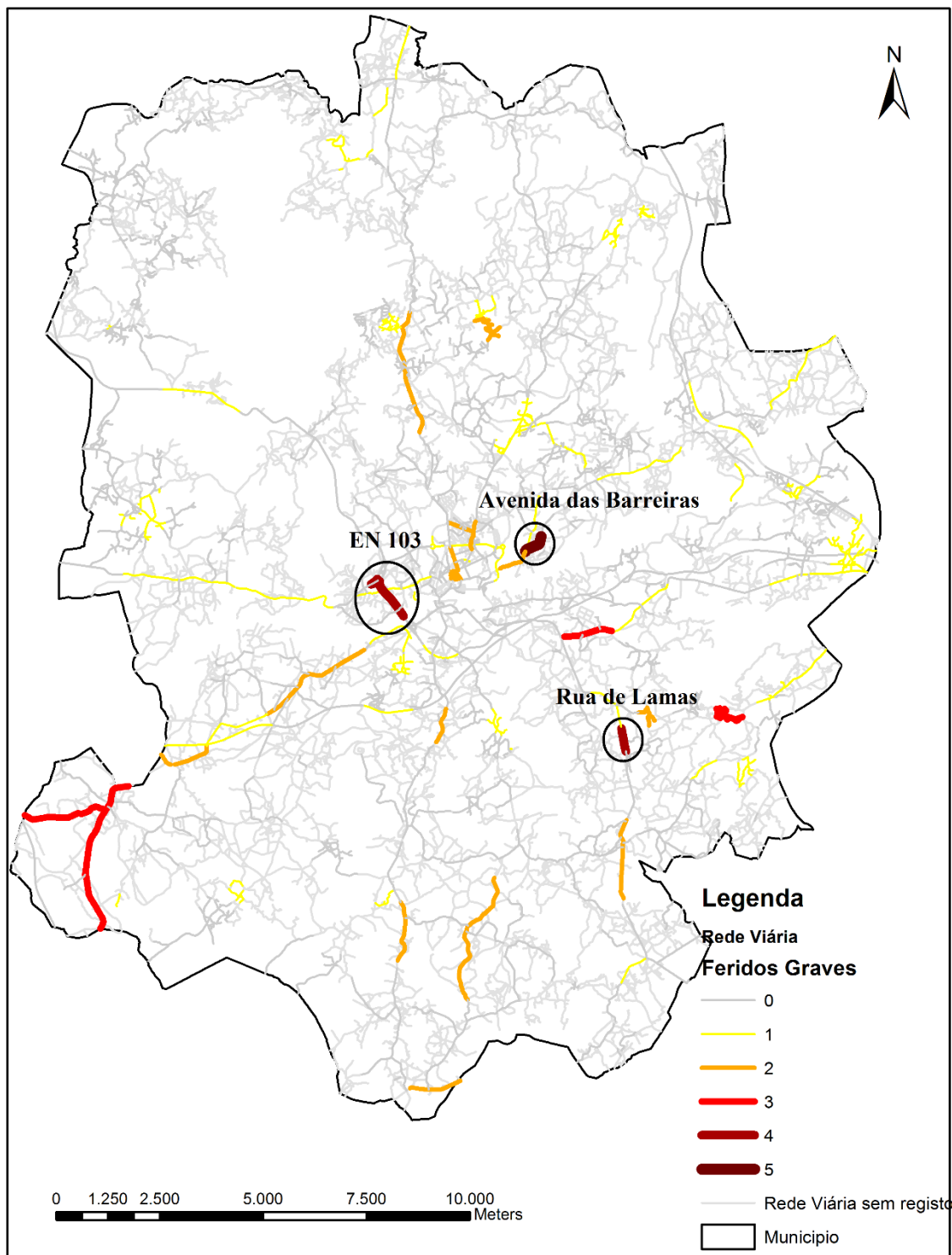


Figura 16 – Distribuição dos feridos graves na rede viária nos anos de 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

No quadro 11 é possível ver os segmentos da rede onde foram registados maior número de feridos graves em que o troço mais grave foi em Tamel (São Veríssimo) na Avenida das Barreiras com um registo de 5 feridos graves, seguido de 2 segmentos da rede com um

registo de 4 feridos graves em Rio Covo (Santa Eulália) na Rua de Lamas que faz parte da Estrada Nacional 204 e em Vila Frescainha (São Pedro) na Estrada Nacional 103.

Quadro 116 – Segmentos da rede com maior registo de feridos graves desde 2010 a 2014

Freguesia	Local	Feridos Graves
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	5
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	4
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	4
Várzea	EN103 Rua Ponte Nova	3
Barqueiros	Rua da Praia	3
Barqueiros	EN205	3
Sequeade	Viso	3
Gilmonde	EN205 Rua Dona Elvira Gomes Barroso	2
Negreiros	EN206	2
Silveiros	EN204 Rua Principal	2
Carapeços	EN204 (Rua João de Carapeços)	2
Vila Seca	Rua de Lordelo	2
Silva	EN204 Rua da Estrada	2
Arcozelo	Rua Calçadas	2
Gual	Rua Central EN306	2
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Pontes	2
Arcozelo	Avenida Nossa Senhora de Fátima	2
Campo	Avenida divino São Salvador	2
Alvelos	Rua do Senhor do Paços	2
Moure	Balão (Rua dos Soleiros)	2
Chorente	Rua Principal	2
Barcelos	Avenida Dom Nuno Alvares Pereira	2
Barcelos	Largo Campo da República	2

A figura 17 mostra a distribuição das vítimas mortais na rede nos cinco anos do estudo. Para realização deste mapa foram definidas 3 classes sendo que cada uma corresponde ao acumulado de 1, 2 ou 3 vítimas mortais nos segmentos da rede viária.

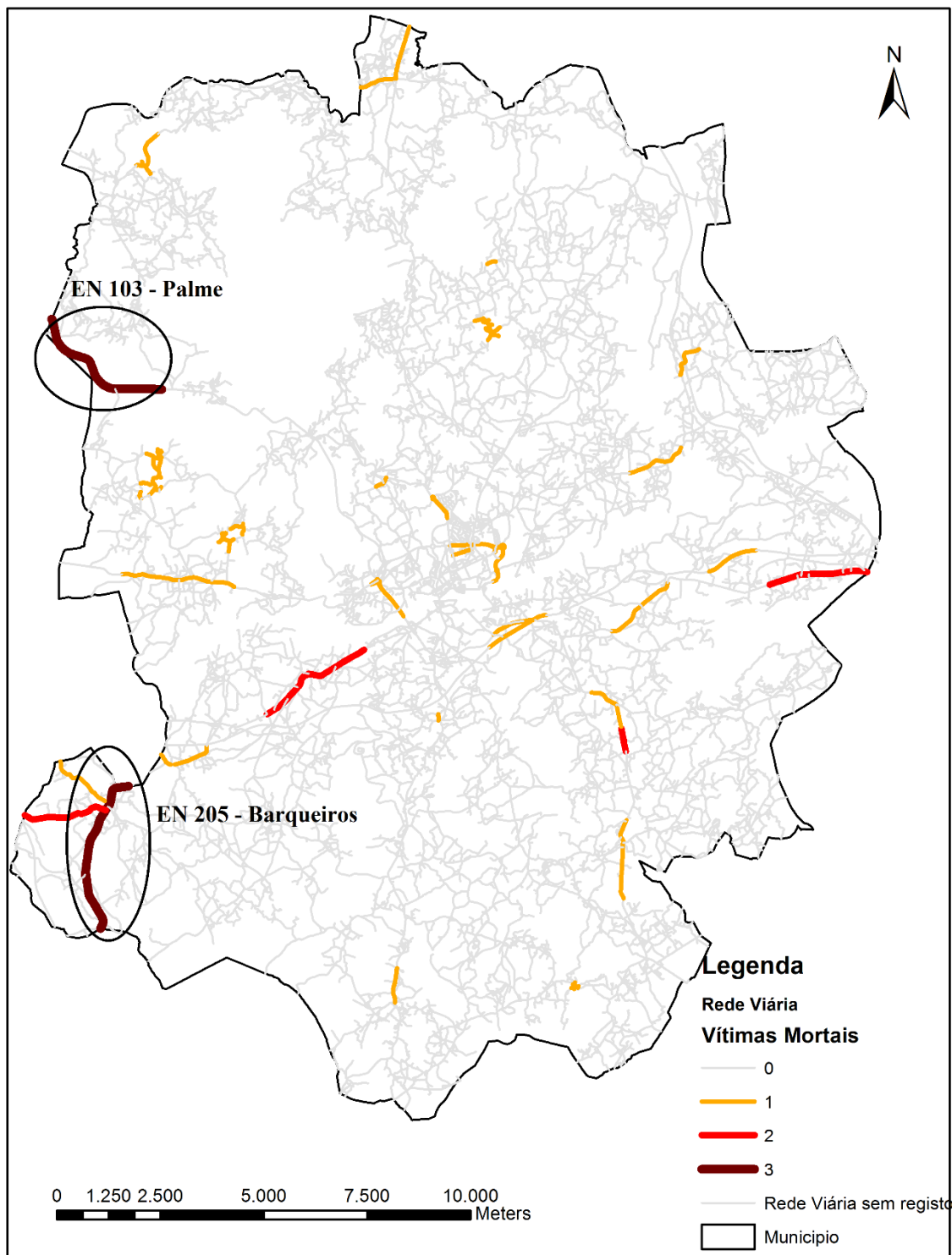


Figura 17 – Distribuição das vítimas mortais na rede viária nos anos de 2010 a 2014 no concelho de Barcelos.

O quadro 12 estão indicados os segmentos da rede com o respetivo acumulado de vítimas mortais, sendo possível observar que a Estrada Nacional 205 em Barqueiros e a Estrada Nacional 103 em Palme obtiveram ambas um registo de 3 vítimas mortais. É também

possível observar 4 segmentos com registo de 2 vítimas mortais e 25 segmentos com 1 vítima mortal.

Quadro 12 – Segmentos da rede com registo de vitimas mortais desde 2010 a 2014.

Freguesia	Local	Vítimas mortais
Barqueiros	EN205	3
Palme	EN103	3
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 R de Lamas	2
Barqueiros	R da Praia	2
Gilmonde	EN205 R Dona Elvira Gomes Barroso	2
Martim	EN103	2
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	1
Silveiros	EN204 R Principal	1
Vila Seca	Rua de Lordelo	1
Campo	Avenida divino São Salvador	1
Perelhal	EN103-1 R Frei Pedro de Perelhal	1
Galegos (São Martinho)	EN205	1
Adães	EN103	1
Balugães	EN204	1
Arcozelo	Complexo Rodoviário de Barcelos	1
Várzea	EN204 Rua de Crujães	1
Rio Covo (Santa Eugénia)	EN103	1
Vila Boa	R Faial	1
Balugães	EN308	1
Abade de Neiva	R da Estrada EN204	1
Macieira de Rates	Avenida Doutor Francisco Sá Carneiro	1
Arcozelo	Avenida João Duarte	1
Grimancelos	Igreja	1
Creixomil	Cruzeiro (Rua do Alvito; Avenida Padre Gomes da Costa	1
Fragoso	R da Barrosa	1
Gamil	Auto Estrada A11	1
Encourados	Auto Estrada A11	1
Vila Cova	Lugar do Outeiro (Rua do Montinho)	1
Oliveira	R das Oliveiras	1
Alvelos	R Do Rodeiros	1
Barqueiros	R São João	1

3.4 Desempenho da rede

No modelo definido por Nogueira (2010) são usados indicadores de desempenho segundo a gravidade, os danos materiais e os custos dos acidentes criando assim diversos mapas de acordo com estes indicadores de desempenho.

3.4.1 Indicador de Gravidade

Para obtenção deste indicador é utilizada a equação 5 utilizando o somatório das vítimas resultando no valor IG. Na figura 18 é possível observar a distribuição dos acidentes segundo o indicador de gravidade IG.

Para a realização deste mapa foi levado em consideração o valor que o indicador teria se houvesse um segmento unicamente com uma vítima mortal. Assim o valor do IG para uma vítima mortal é 100, o valor mais baixo e maior que 0 é 3 e o valor mais elevado é 379. Assim a primeira classe representa todos os troços com vítimas, mas cujo valor não alcance o valor de uma vítima mortal. Todos os valores são inteiros, assim a primeira classe seria o intervalo de 3 a 99. A segunda classe representa os troços com valores de pelo menos uma vítima mortal e que não alcance o valor de duas vítimas mortais sendo desta forma o intervalo de 100 a 199. A terceira classe representa os troços com valores de pelo menos duas vítimas mortais sem alcançar o valor de três vítimas mortais sendo assim o intervalo de 200 a 299. A classe mais alta representa os segmentos da rede com valores IG de pelo menos 3 vítimas mortais sendo assim o intervalo de 300 a 379.

O quadro 13 indica todos os segmentos com valores IG de pelo menos uma vítima mortal. Quer do quadro quer do mapa é possível observar cinco segmentos com valor de IG de pelo menos 3 vitimas mortais embora em apenas dois se tenha verificado efetivamente 3 vitimas mortais.

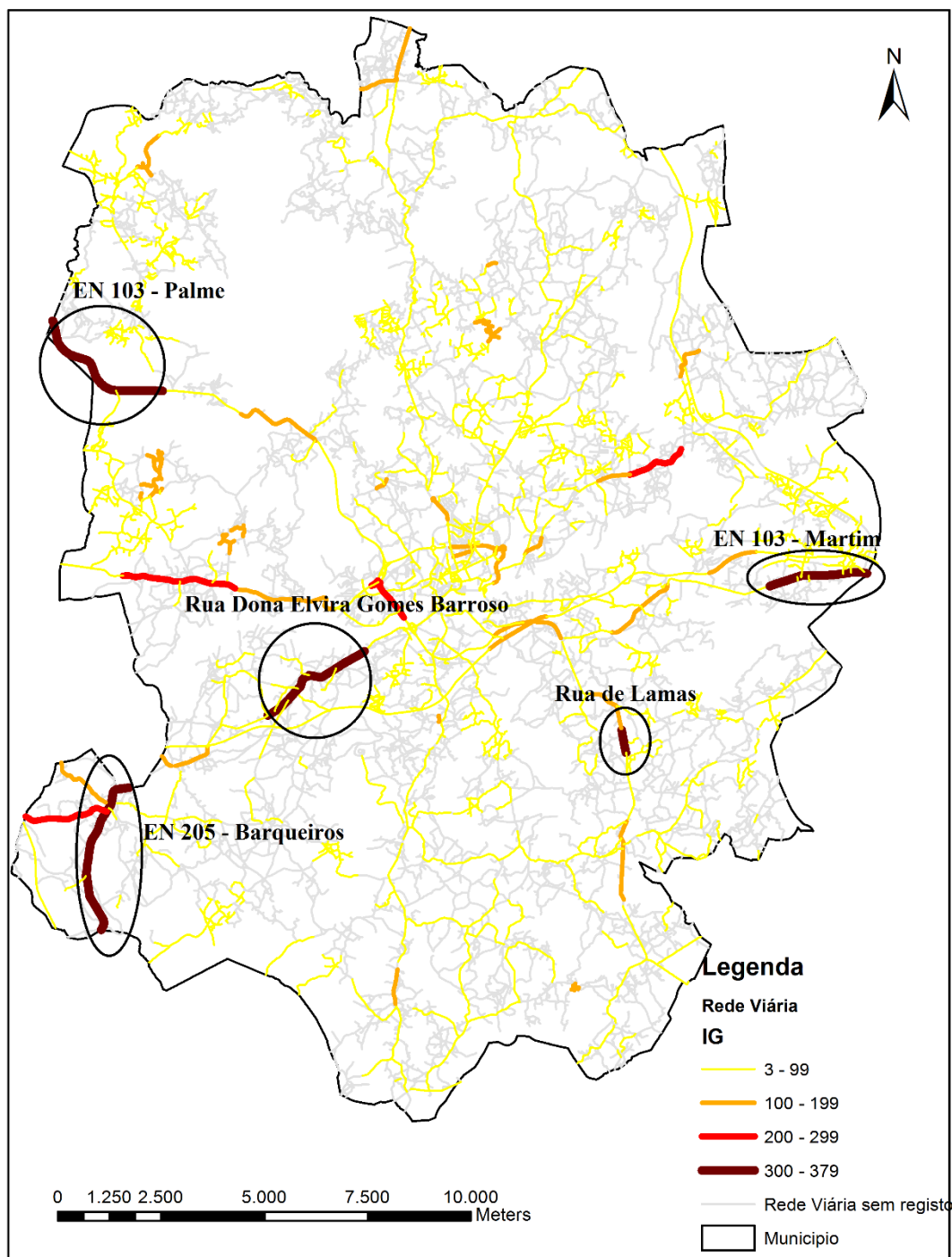


Figura 18 – Distribuição dos acidentes segundo o indicador de gravidade no concelho de Barcelos.

Assim, o valor mais alto de IG foi registado na Rua Dona Elvira Gomes Barroso (EN205) em Gilmonde com IG igual a 379 seguido do segmento da Estrada Nacional 103 em Palme com IG igual a 351, a Estrada Nacional 205 em Barqueiros com IG igual a 342, a Estrada

Nacional 103 em Martim com valor IG igual a 339 e a Rua de Lamas (EN204) em Rio Covo (Santa Eulália) com um valor de IG igual a 321.

Quadro 137 – Segmentos da rede com maior valor de IG.

Freguesia	Local	IG
Gilmonde	EN205 Rua Dona Elvira Gomes Barroso	379
Palme	EN103	351
Barqueiros	EN205	342
Martim	EN103	339
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	321
Barqueiros	Rua da Praia	263
Perelhal	EN103-1 Rua Frei Pedro de Perelhal	215
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	206
Galegos (São Martinho)	EN205	200
Manhente	EN205 Rua da Magrou	196
Silveiros	EN204 Rua Principal	177
Adães	EN103	170
Vilar do Monte	EN103	168
Rio Covo (Santa Eugénia)	EN103	166
Vila Seca	Rua de Lordelo	162
Balugães	EN204	161
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	158
Arcozelo	Complexo Rodoviário de Barcelos	155
Mariz	EN103-1 Rua Afonso Nunes	154
Vila Boa	Rua Faial	151
Campo	Avenida divino São Salvador	141
Gamil	EN103	141
Balugães	EN308	124
Várzea	EN204 Rua de Crujeães	122
Abade de Neiva	Rua da Estrada EN204	121
Macieira de Rates	Avenida Doutor Francisco Sá Carneiro	121
Arcozelo	Avenida João Duarte	118
Grimancelos	Igreja	112
Creixomil	Cruzeiro (Rua do Alvito; Avenida Padre Gomes da Costa)	109
Fragoso	Rua da Barrosa	109
Gamil	Auto Estrada A11	109
Encourados	Auto Estrada A11	103
Vila Cova	Lugar do Outeiro (Rua do Montinho)	103
Oliveira	Rua das Oliveiras	100
Alvelos	Rua Do Rodeiros	100
Barqueiros	Rua São João	100
Couto	Rua do Passal	100

3.4.2 Indicador de Danos Materiais

Para o calculo deste indicador é utilizada a equação 10 e os valores do quadro 5 resultando no valor do indicador EPDO.

Na figura 19 é possível observar a distribuição dos acidentes segundo o indicador de danos materiais (EPDO) para os cinco anos do estudo. Para realização deste mapa foi levado em consideração o valor do EPDO de exclusivamente uma vitima mortal. Assim, o valor de EPDO de uma vitima mortal é 9.5. O valor mais baixo e superior a 0 é 3.5 e o valor mais alto registado é 226.5. Assim foram criadas 4 classes, a primeira classe com valores inferiores ao valor de uma vitima mortal resultando numa classe de 3.5 a 9.4 e mais três classes superiores a esta em que as restantes 3 classes tem uma amplitude semelhante resultando numa classe de 9.5 a 81.8, uma classe de 81.9 a 154.2 e uma classe de 154.3 a 226.5.

É possível verificar a existência de 8 segmentos da rede com valor correspondente à classe mais elevada de EPDO. Assim, os três segmentos com valor de EPDO mais elevado são a Rua da Magrou (EN205) em Manhente com valor de EPDO igual a 226.5 seguido da Rua Dona Elvira Gomes Barroso (EN205) em Gilmonde com valor de EPDO de 223.5 e pela Estrada Nacional 103 em Vilar do Monte com valor de EPDO de 196.

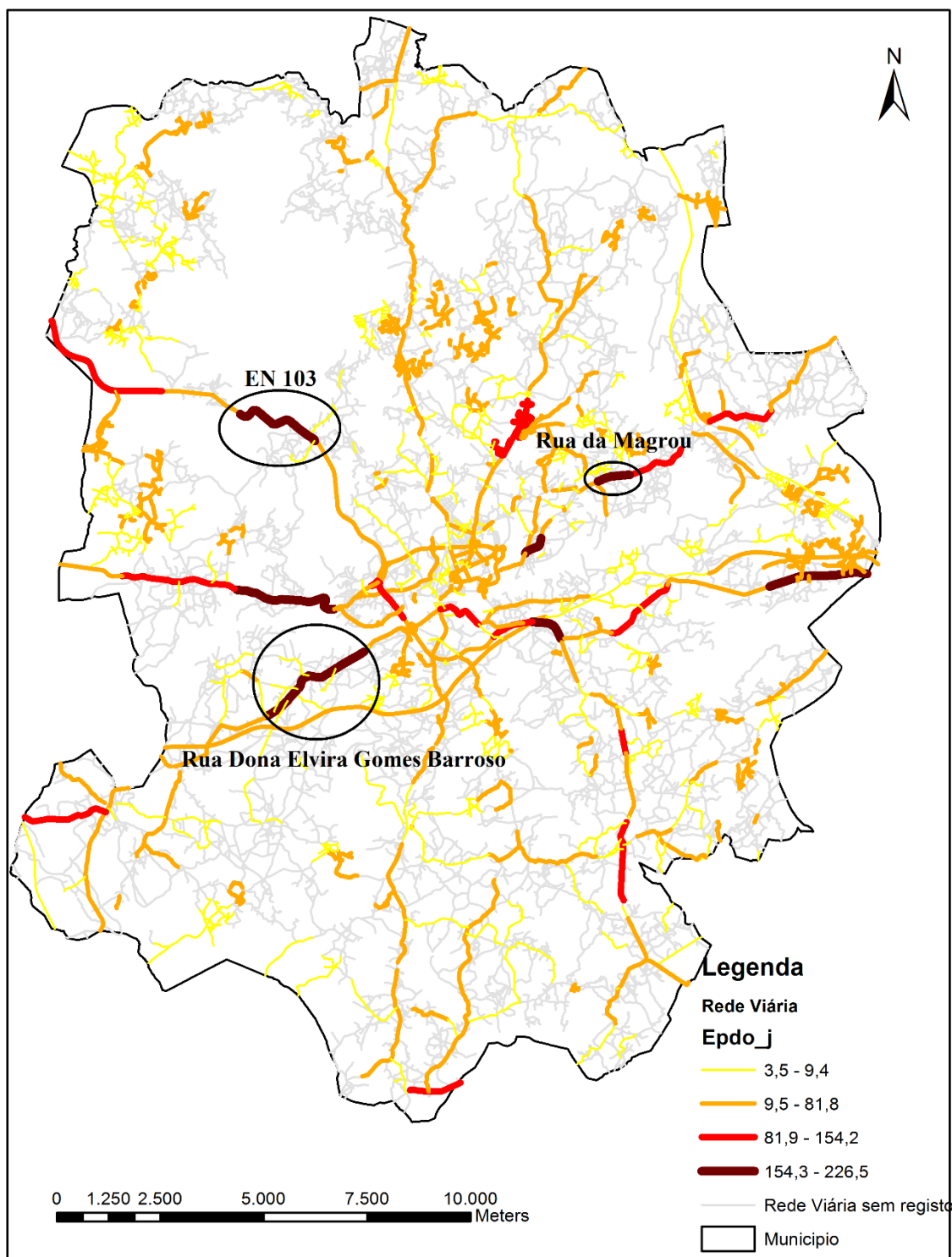


Figura 19 – Distribuição dos acidentes segundo o indicador de danos materiais no concelho de Barcelos.

O quadro 14 contém os segmentos com valores correspondentes às duas classes de EPDO mais elevadas.

Quadro 14 – Segmentos da rede com valores mais elevados de EPDO.

Freguesia	Local	Epdo
Manhente	EN205 Rua da Magrou	226,5
Gilmonde	EN205 Rua Dona Elvira Gomes Barroso	223,5
Vilar do Monte	EN103	196
Martim	EN103	179
Mariz	EN103-1 Rua Afonso Nunes	177,5
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	173,5
Gamil	EN103	164,5
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	151,5
Perelhal	EN103-1 Rua Frei Pedro de Perelhal	141,5
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	124,5
Galegos (São Martinho)	EN205	124
Negreiros	EN206	103
Barcelinhos	Rua Irmãos la Salle	101,5
Lijó	EN306 Monte (Rua Combatentes do Ultramar; Travessa do Loteamento da Granja)	97
Silveiros	EN204 Rua Principal	95
Lama	EN205	91
Adães	EN103	89
Palme	EN103	88
Rio Covo (Santa Eugénia)	EN103	86,5
Barqueiros	Rua da Praia	86

3.4.3 Indicador de custos

Os valores do indicador de custos (SI) são obtidos através da equação 15 e para o seu calculo é utilizado o resultado da equação 14. Os valores utilizados na equação 14 são obtidos através das equações 11,12 e 13 e dos valores dos custos atribuídos segundo o quadro 6.

Na figura 20 é possível observar a distribuição dos acidentes segundo o indicador de custos (SI) para os cinco anos do estudo.

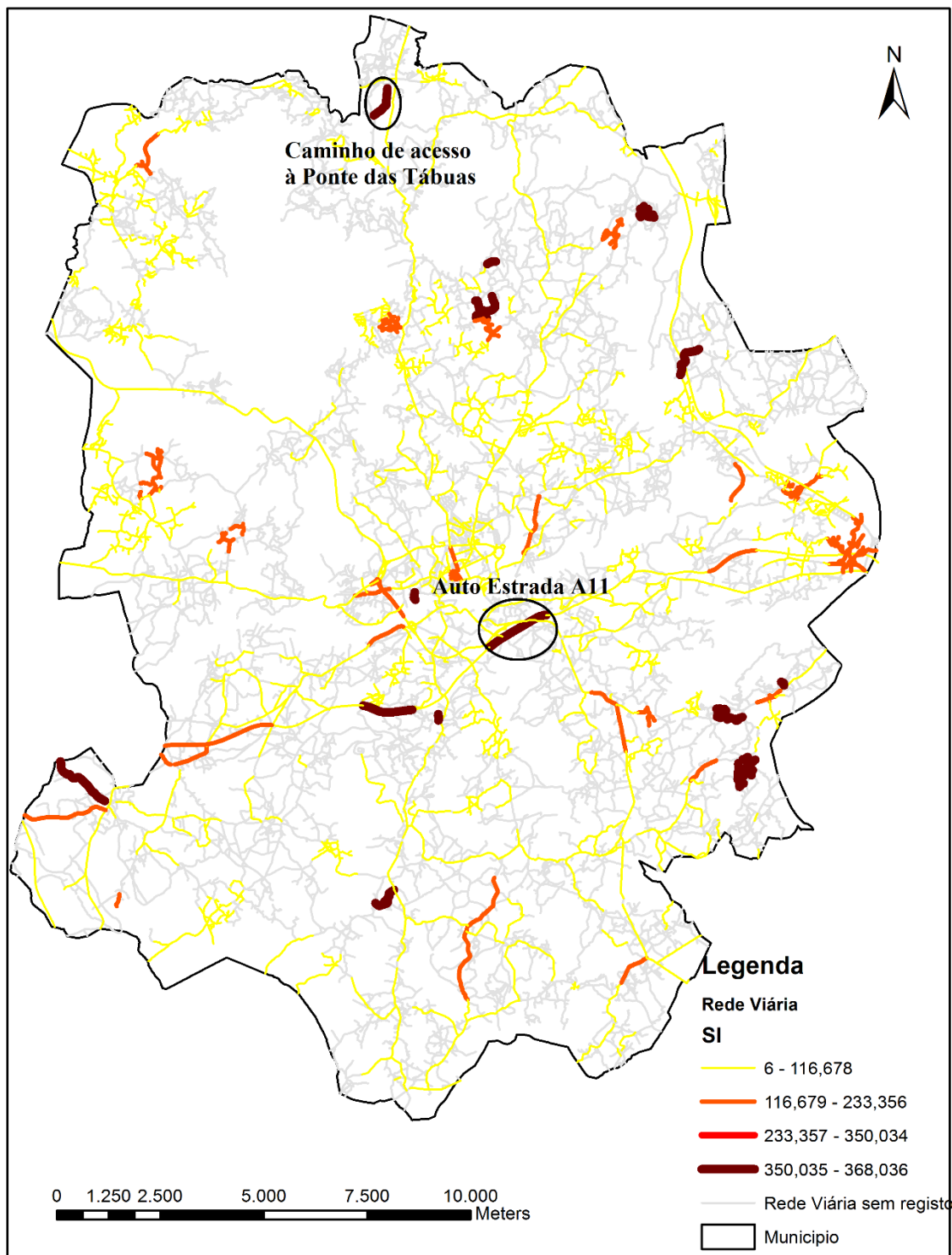


Figura 20 – Distribuição dos acidentes segundo o indicador de custos no concelho de Barcelos.

Para realização deste mapa, foi determinado o valor de SI correspondente a uma vítima mortal: o valor obido foi 350.035. O valor mais elevado de SI registado foi de 368.036 e o valor mais baixo superior a 0 é 6. Assim, foi criada uma classe onde exista a ocorrência de

pelo menos uma vítima mortal sendo esta a mais gravosa e tem a amplitude de 350.035 a 368.036 pois este é o valor mais elevado. Depois foram criadas mais três classes de amplitude equivalente para os valores de SI que não atingem o valor de pelo menos uma vítima mortal. Assim as três classes são uma com amplitude de 6 a 116.678, uma de 116.679 a 233.356 e uma de 233.357 a 350.034.

O quadro 15 contém os segmentos com valores correspondentes à classe de SI mais elevada.

Quadro 158 – Segmentos da rede com valores mais elevados de SI.

Freguesia	Local	SI
Gamil	Auto Estrada A11	368,036
Balugães	CAMINHO ACESSO À PONTE DE TABUAS	368,036
Sequeade	Viso	356,035
Vila Frescainha (São Martinho)	R Brigadeiro	356,035
Oliveira	R das Oliveiras	350,035
Alvelos	R Do Rodeiros	350,035
Barqueiros	R São João	350,035
Couto	R do Passal	350,035
Cambeses	Pomarinho (Rua do Rio Este)	350,035
Alheira	Igreja	350,035
Bastuço (Santo Estêvão)	R de São Domingos	350,035
Campo	R Santo Amaro	350,035
Pedra Furada	Rua de Real	350,035
Carvalhal	AutoEstrada A11	350,035

Do quadro é possível observar que o valor mais elevado foi registado foi de 368,036 em dois segmentos sendo estes a AutoEstrada A11 em Gamil e o Caminho de acesso à ponte de tábuas em Balugães.

3.4.4 Classificação da Rede Viária

No modelo utilizado por Nogueira (2010) é realizada a análise multicritério utilizando os três indicadores acima utilizados. Contudo estes indicadores expressam-se grandezas diferentes sendo estes baseados na sinistralidade, danos materiais e custos dos acidentes respetivamente.

No modelo é também definida a importância de cada indicador através da definição de pesos para cada um dos indicadores normalizados.

3.4.4.1 Normalização dos indicadores

A normalização dos indicadores é necessária para que estejam todos numa escala semelhante e possam desta forma ser utilizados em simultâneo numa expressão comum.

Assim, no processo de normalização de cada critério foi utilizada a seguinte expressão:

$$X_1 = \frac{(R_i - R_{min})}{(R_{max} - R_{min})}, \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (17)$$

Em que:

R_i – Valor do critério a normalizar;

R_{max} – Valor máximo do critério;

R_{min} – Valor mínimo do critério;

Após a normalização de cada um dos critérios, estes ficam então todos numa escala semelhante que varia entre 0 e 1 sendo assim possível trabalhá-los em simultâneo.

3.4.4.2 Grau de importância de cada indicador

Para definição do grau de importância de cada critério foi utilizado o método de comparação de critérios par-a-par atribuindo assim mais ou menos importância a um critério em detrimento dos outros.

No final deste processo e para o modelo em que são atribuídos pesos associados a cada um dos critérios.

Assim, o quadro 16 representa os valores dos pesos atribuídos aos critérios.

Quadro 169 – Pesos atribuídos aos critérios

Critério	Peso
IG	0,633
EPDO	0,260
SI	0,106

Fonte: Nogueira (2010)

3.4.4.3 Equação de Sinistralidade

Após a normalização dos critérios a utilizar bem como obtenção dos respetivos pesos é possível usar a equação 18 por forma a obter um Índice de Sinistralidade Rodoviária.

$$ISR = IG \times 0,633 + EPDO \times 0,260 + SI \times 0,106 \quad (18)$$

3.5 Aplicação do Modelo e Classificação da Rede

A equação de sinistralidade permite classificar a rede em termos de sinistralidade, contudo é necessária criação de níveis permitindo assim atribuir uma escala para o valor de ISR. Para atribuição desta escala foram criados diferentes níveis de acordo com os seguintes critérios:

Nível 1 – Existência de pelo menos um ferido ligeiro sem que seja atingido o valor de ISR correspondente a um ferido grave.

Nível 2 – Valor de ISR igual ou superior ao valor de um ferido grave sem que seja atingido o valor de ISR correspondente a uma vítima mortal.

Nível 3 – Valor de ISR igual ou superior ao valor de uma vítima mortal sem que seja atingido o valor de ISR correspondente a duas vítimas mortais.

Nível 4 – Valor de ISR igual ou superior ao valor de duas vítimas mortais sem que seja atingido o valor de ISR correspondente a três vítimas mortais.

Nível 5 – Valor de ISR igual ou superior ao valor de três vítimas mortais.

Estes 5 níveis de sinistralidade permitem diferenciar de forma crescente a sinistralidade na rede. Assim um segmento da rede classificado de nível 5 terá mais gravidade em termos de sinistralidade rodoviária do que um segmento classificado com nível 4. Os valores numéricos destes níveis encontram-se representados no quadro 17.

Quadro 17 – Valores de ISR por Nível.

Valor Mínimo	Nível	Valor Máximo
>0	Nível 1	0,119746
0,119747	Nível 2	0,262171
0,262172	Nível 3	0,552963
0,552964	Nível 4	0,834893
0,834894	Nível 5	0,9023

Após a definição dos critérios e dos níveis de sinistralidade é então possível a criação do mapa da figura 21 com a classificação da rede viária do concelho de Barcelos para a totalidade dos 5 anos do estudo.

Os três níveis mais elevados representam casos em que houve pelo menos uma vítima mortal e como tal seriam os principais segmentos da rede a intervir. Assim, como único segmento da rede com ISR de nível 5 resulta a Rua Dona Elvira Gomes Barroso em Gilmonde.

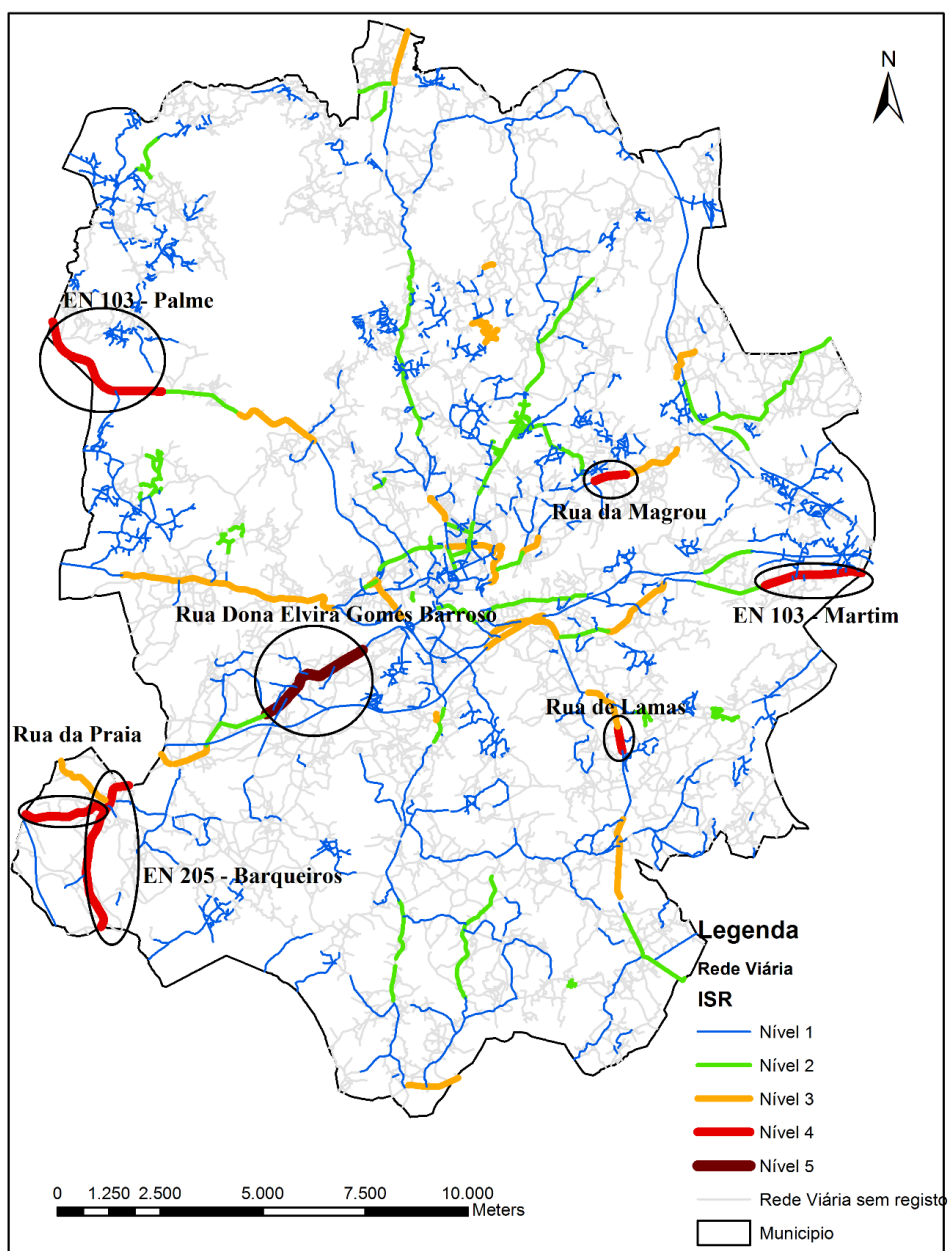


Figura 21 – Classificação da rede viária do concelho de Barcelos em função da Sinistralidade.

No quadro 18 encontram-se os segmentos da rede correspondentes ao nível 4 de ISR.

Quadro 1810 – Segmentos da rede com ISR de nível 4.

Freguesia	Local	ISR
Martim	EN103	0,781021
Rio Covo (Santa Eulália)	EN204 Rua de Lamas	0,743799
Palme	EN103	0,711661
Barqueiros	EN205	0,670001
Barqueiros	Rua da Praia	0,599305
Manhente	EN205 Rua da Magrou	0,588959

No quadro 19 encontram-se os segmentos da rede correspondentes ao nível 3 de ISR.

Quadro 19 – Segmentos da rede com ISR de nível 3.

Freguesia	Local	ISR
Perelhal	EN103-1 Rua Frei Pedro de Perelhal	0,525204
Vila Frescainha (São Pedro)	EN103	0,520975
Vilar do Monte	EN103	0,50356
Tamel (São Veríssimo)	Avenida das Barreiras	0,481793
Galegos (São Martinho)	EN205	0,480456
Mariz	EN103-1 Rua Afonso Nunes	0,461563
Gamil	EN103	0,4214
Silveiros	EN204 Rua Principal	0,418368
Adães	EN103	0,399529
Vila Seca	Rua de Lordelo	0,389517
Rio Covo (Santa Eugénia)	EN103	0,381622
Balugães	EN204	0,373451
Arcozelo	Complexo Rodoviário de Barcelos	0,347431
Campo	Avenida divino São Salvador	0,341941
Vila Boa	Rua Faial	0,337399
Gamil	Auto Estrada A11	0,303972
Negreiros	EN206	0,278051
Várzea	EN204 Rua de Crujeães	0,275692
Oliveira	Rua das Oliveiras	0,271283
Alvelos	Rua Do Rodeiros	0,271283
Barqueiros	Rua São João	0,271283
Couto	Rua do Passal	0,271283

4. HIERARQUIA VIÁRIA DE BARCELOS E INFLUÊNCIA NO MODELO

Neste capítulo é estudada de que forma a hierarquia viária pode influenciar o modelo sendo aplicada ao caso de estudo através de valores de volume de tráfego por grau hierárquico.

4.1 Hierarquia viária de Barcelos

Para realização de um estudo que inclua uma hierarquia viária é necessário numa fase inicial perceber as características físicas dos segmentos da rede, perceber a sua interação e perceber qual a função de cada elemento da rede e o seu serviço (Câmara Municipal de Barcelos, 2006).

Na figura 22 é possível perceber a localização e a disposição das principais vias do concelho de Barcelos, sendo que a EN 306 e a ER 204 têm uma disposição Norte-Sul enquanto a EN103, EN103-1 e a ER205 têm uma disposição no sentido de servir o tráfego Este-Oeste. É possível observar também a disposição das autoestradas A3, A11 e A28.

De acordo com o Plano Diretor Municipal de Barcelos a rede viária do concelho está classificada em 5 níveis diferentes de acordo com a sua funcionalidade sendo estes: Rede de Itinerários, Rede Primária, Rede Secundária, Rede Terciária e Rede de Acessos Locais.

Esta hierarquização da rede viária pelo Plano Diretor Municipal de Barcelos tem por base as características estruturais das diferentes vias bem como a sua função e o seu desempenho. A hierarquização da rede viária encontra-se representada na figura 23 com a exceção da Rede de Acessos Locais.

Atendendo a esta classificação viária é possível perceber que quer a rede secundária, quer a rede terciária, complementam a rede primária e que a rede terciária apresenta descontinuidades em alguns dos seus elementos, sendo possível perceber que esta funciona no sentido de preencher as descontinuidades na rede secundária. Podemos assim afirmar que a rede secundária e a rede terciária se completam.

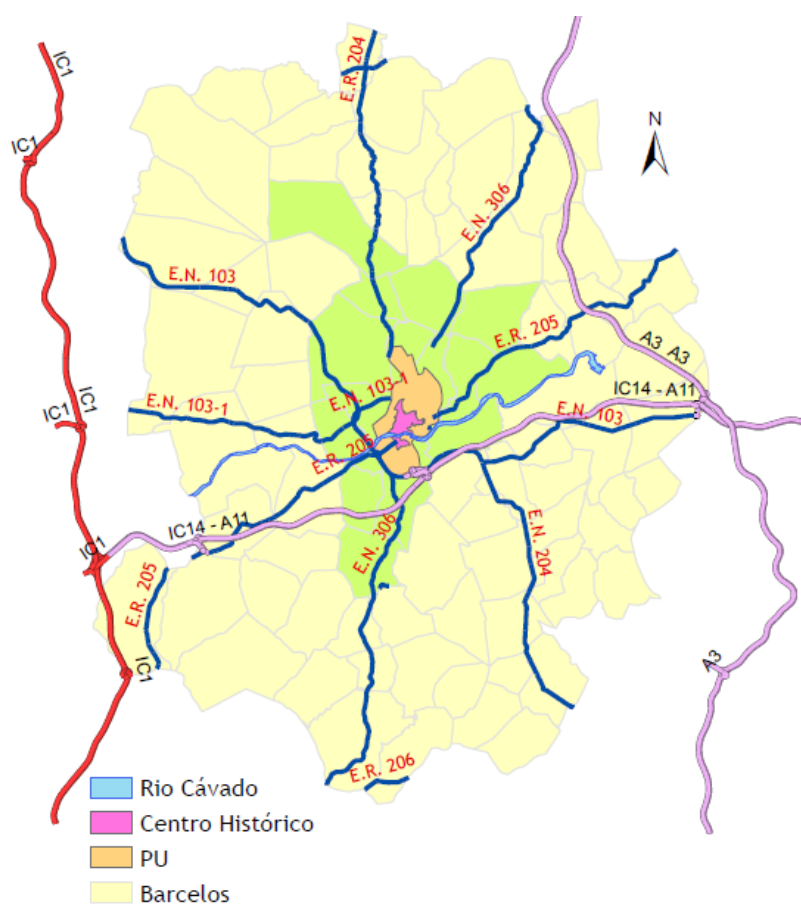


Figura 22 – Eixos viários principais da rede viária do concelho de Barcelos (Câmara Municipal de Barcelos, 2006)

Convencionalmente a hierarquização da rede viária é realizada através de quatro tipos de vias sendo estas: coletoras, distribuidoras principais, distribuidoras locais e vias de acesso local. Esta designação está relacionada sobretudo com a função das diferentes vias em termos de circulação ou acesso bem como alguma relação com as características físicas da rede.

Após a análise de uma hierarquização convencional é possível perceber a semelhança com a classificação da rede viária proposta no Plano Diretor Municipal de Barcelos em que as vias da rede de itinerários podem ser consideradas como coletoras, as vias da rede primária são consideradas distribuidoras principais, como as vias da rede secundária e terciária se completam podem ser consideradas distribuidoras locais e finalmente as vias de acesso local com o mesmo nome quer numa hierarquização convencional quer na classificação proposta no Plano Diretor Municipal.

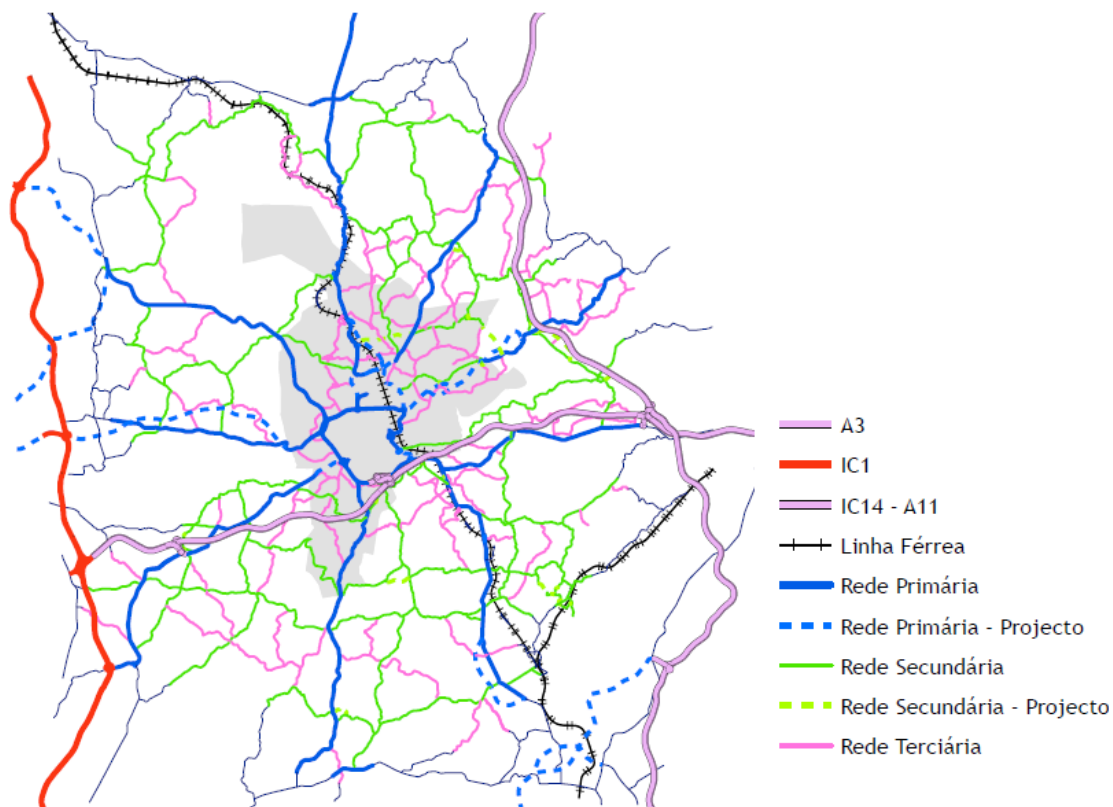


Figura 23 – Classificação Viária proposta pelo PDM de Barcelos (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2006)

Após a definição da hierarquia para todo o concelho de Barcelos através do mapa da figura 23 fica apenas por definir a hierarquia na zona interior da circular de Barcelos. Em 2009 foi realizado um estudo pela Câmara Municipal de Barcelos para atualização dos mapas de ruído do concelho, e nesse estudo foram realizadas medições de volumes de tráfego. As vias rodoviárias consideradas no estudo estão designadas no quadro 20.

Quadro 110 – Vias rodoviárias consideradas no estudo.

Tipo de Via	Designação da Via
Auto-estrada	A3, A11/IC14, A28
Estradas Nacionais	EN 103, EN 103-1, EN 204, EN 205, EN 205-1, EN 205-4, EN 206, EN 305, EN 305-1, EN 306, EN 306-1, EN 308
Estradas e Caminhos Municipais	EM 501, EM 505-3, EM 542, EM 543, EM 543-1, EM 556, EM 561, EM 577, CM 1073, CM 1057, CM 2027
Arruamentos de interesse	Circular Externa, Rua Dr. Diogo Pinheiro (R1), Rua de Vermil (R2), Rua das Flores - Rua de São Mamede (R3), Rua General Humberto Delgado – Rua Santo António (R4), Rua Imaculada Conceição – Rua Principal (R5), Avenida N.ª Senhora de Fátima (R6), Arruamento de ligação EN 103 – Circular Externa (R7), Rua Dom João Afonso (R8), Avenida Central (R9), Rua do Souto (R10), Rua do Souto – Rua Henrique Correia (R11), Rua Felisberto B. R. Castro – Rua de Baião (R12), Rua das Torgas (R13), Rua de Olivença (R14), Avenida Paulo Felisberto – Av. Dom Nuno Alvares Pereira (R15), Av. Dom Nuno Alvares Pereira (R16), Avenida João Duarte (R17), Rua Elias Garcia (R18), Avenida Alcaides de Faria (R19) Avenida dos Combatentes da Grande Guerra (R20), Avenida dos Combatentes da Grande Guerra – Campo da República (R21), Rua Cândido da Cunha (R22), Rua de Santa Marta (R23), Rua da Estação – Rua de Valpaços (R24), Avenida de São José (R25), Rua do Poço – Rua do Olhal (R26), Avenida N.º Sr.ª da Franqueira – Rua Dr. Santos Junior (R27), Rua Barjona de Freitas – Rua Filipa Borges (R28), Rua Duques de Bragança (R29), Rua Fernando de Magalhães e Menezes (R30), Rua Dr. José A. P. P. Machado (R31), Avenida Sidónio Pais (R32), Avenida João Paulo II (R33), Rua Custódio José Gomes Vilas Boas – Ponte de Barcelos (R34), Rua Prof. Celestino Costa (R35), Rua António Gomes de Faria (R36), Rua Dr. José Geralberto Sá Carneiro (R37), Travessa de Ninães (R38), Rua de São Brás (R39), Arruamento Urb. Dos Galos – Cemitério de Barcelinhos – Rua de São Brás (R40), Travessa dos Irmãos La Salle – Rua José Joaquim Peixoto (R41), Arruamento de Ligação EN103 – EN204 – Rua de São Brás (R42)

(Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2009)

As medições de Volume de tráfego nos 67 segmentos considerados representam pontos em todos os graus hierárquicos e também pontos da zona interior da circular de Barcelos. Essas medições podem ser observadas na figura 24 com o registo da totalidade do tráfego médio diário total nos 67 segmentos em estudo.

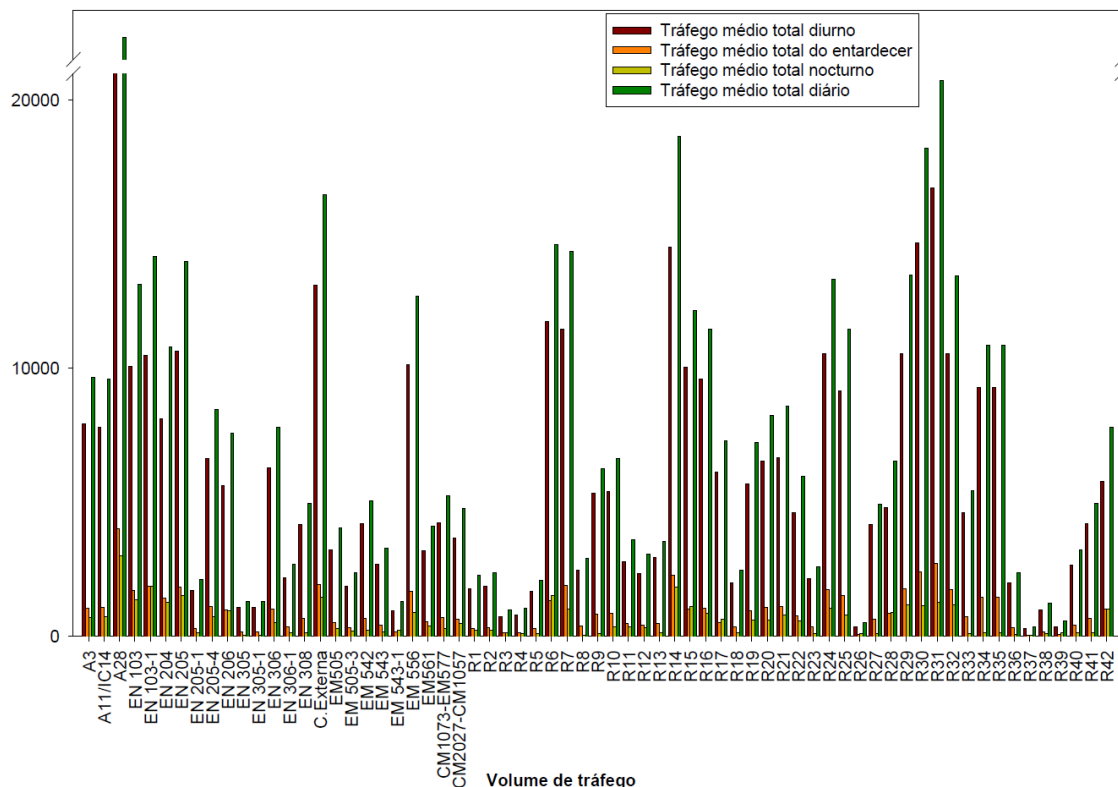


Figura 24 – Estimativas dos quantitativos do tráfego rodoviário médio diário total por estrada. (Fonte: Câmara Municipal de Barcelos, 2009)

As várias vias que compõem uma rede rodoviária apresentam características e incompatibilidades diferentes de acordo com a sua funcionalidade. O quadro 20 compila essas características e incompatibilidades realizado por Ribeiro (2005).

Para estabelecer a hierarquia viária do interior da circular de Barcelos foram tidos em conta: os valores do volume de tráfego considerados no gráfico da figura 24; os valores de volume indicativo de tráfego considerados no quadro 21; e a continuação dos segmentos exterior da circular de Barcelos para o seu interior. Assim, é possível observar o mapa da hierarquia viária para a totalidade do concelho na figura 25.

Quadro 121 – Características e incompatibilidade de diversas funções para diferentes tipos de via.

Características		Vias Arteriais	Vias distribuidoras principais	Vias distribuidoras locais	vias de acesso local
Tipo de Rede		Estruturante ou Fundamental	Estruturante ou Fundamental	Local	Local
Continuidade de rede		Rede continua	Não é obrigatório formar uma rede contínua	Criar um conjunto de redes contínuas, associadas a cada espaço local	Não devem criar redes com continuidade
Tipo de Ligação		Direta a outras vias estruturantes	Às vias distribuidoras locais; à rede estruturante	Entre si; às distribuidoras principais e de acesso local	Entre si; às vias distribuidoras locais
Movimentos de tráfego local		Muito pequenos	Alguns	Actividade predominante	Nenhum (possível a transportes públicos)
Movimentos de tráfego de atravessamento		Predominante para tráfego de longo curso	Predominante para viagens de médio curso	Nenhum	Nenhum
Atividades dos veículos pesados de mercadorias		Adequado (especialmente para viagens de longo curso)	Minima	Minima	Proibido (exceto a entrega de mercadorias e realização de serviços)
Atividades dos terrenos adjacentes		Nenhum	Nenhum (nas vias com características idênticas às distribuidoras locais pode ser admissível)	Permitido (evitar na proximidade das interseções)	Atividade predominante
Velocidade Recomendada		Superior a 80Km/h	Cerca de 50Km/h	Inferiores a 30 - 40Km/h	Limitadas a 20 - 30Km/h
Velocidade Recomendada		Superior a 70km/h (depende das soluções geométricas adotadas)	Inferior a 60 ou 80Km/h (consoante o tipo de espaço urbano construído)	Inferior a 50Km/h (medidas de acalmia de tráfego)	Inferior a 40Km/h (controlo de velocidade)
Interseções		Numero limitado (menor impacto na fluidez da circulação dos movimentos principais, e. g. cruzamentos ou rotundas)	Semaforizados de nível, ou desnivelados, em função dos volumes de tráfego	De nível (semaforizados ou não)	De nível
Estacionamento		Proibido	Autorizado (evitar nas proximidades das interseções)	Autorizado ("ao longo" e "em espinha")	Autorizado ("ao longo" e "em espinha")
Peões	Ao longo	Proibido	Permitido, com trajetos formais	Permitido, com trajetos formais	Permitido em todo o espaço
	Atravessar	Vias mais importantes - desnivelados; Vias menos importantes - pode ser de nível mas semaforizado	Número limitado, devem ser de nível e regulados por sinalização luminosa	Mais ou menos livre; Numero razoavel de atravessamentos formais - passadeiras	Permitido em todo o espaço
Veiculos motorizados		Único utilizador	Preferencial	Ligeira supremacia em relação aos outros utilizadores	Partilha com os outros utilizadores
Volume indicativo de tráfego		Superior a 15000 veic./dia	Superior a 8000 veic./dia	Máximo desejável de 6000 veic./dia	Máximo desejavel de 3000 veic./dia
Paragem de transportes públicos		Proibido em plena via	Autorizado com regulamentação própria	Fora da faixa de rodagem, sempre que possível	Proibida
Responsabilidade		Estado	Municípios ou autoridades locais	Municípios ou autoridades locais	Municípios ou autoridades locais

(Fonte: Ribeiro, 2005)

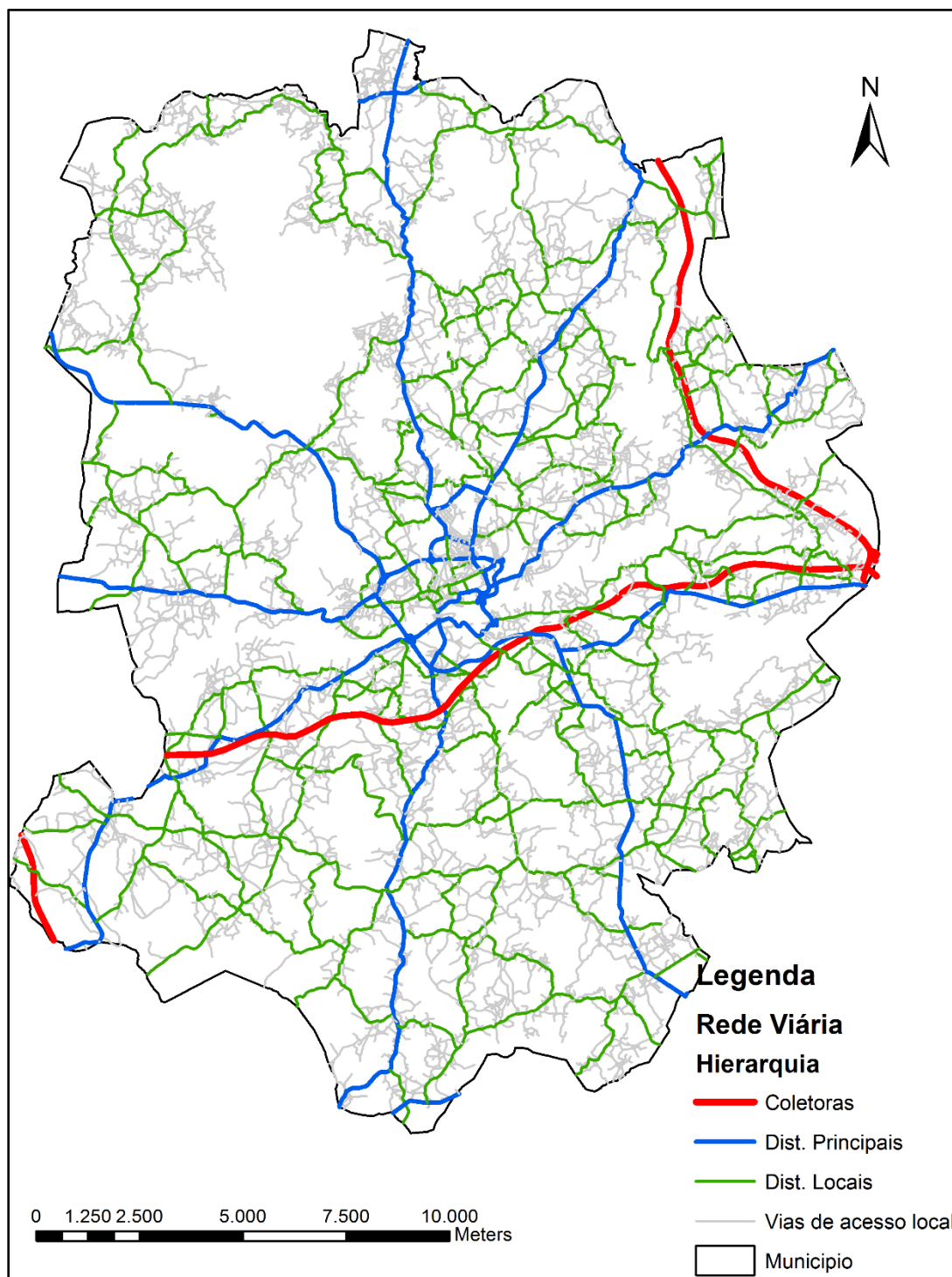


Figura 25 – Hierarquia viária adotada para o estudo.

4.2 Influência da Hierarquia no Modelo

Após a obtenção do mapa com indicador de sinistralidade rodoviária e a hierarquia definida é necessário encontrar alguma forma de integrar a hierarquia viária no indicador de

sinistralidade rodoviária, nomeadamente sob a forma de um fator de ponderação. Para isso é necessário encontrar uma escala que permita quantificar os diferentes graus hierárquicos da rede viária.

O objetivo de introduzir no modelo uma ponderação baseada na hierarquia viária não pretende desagravar qualquer valor resultante do indicador de sinistralidade rodoviária. Isto evita que segmentos da rede com nível 3 (Valor de ISR igual ou superior ao valor de uma vítima mortal sem que seja atingido o valor de ISR correspondente a duas vítimas mortais) passem a ser de nível inferior, significando assim que alguns segmentos passariam a não ter a significância de segmentos com vítimas mortais.

Assim a melhor forma de quantificar a diferença nos diferentes graus hierárquicos da rede seria pelo volume de tráfego, e como as coletoras são o grau hierárquico com maior volume de tráfego então serão estas o caso “menos grave” de ocorrência de acidentes. Consequentemente isto levaria a que a ocorrência de acidentes numa via de acesso local seja mais grave que a ocorrência de acidentes numa via distribuidora local, que por sua vez é mais grave que a ocorrência de acidentes numa via distribuidora principal e que por sua vez é mais grave que a ocorrência de acidentes numa via coletora.

4.2.1 Influência segundo valores teóricos

Inicialmente foi realizado um mapa inicial usando apenas valores de volume de tráfego de referência estando associados ao nível de serviço para o qual foi projetada a via, ou seja, valores que são esperados em cada grau hierárquico e para isso foram utilizados os valores do quadro 20 de volume indicativo de tráfego.

Assim os valores de volume de tráfego de referência utilizados por grau hierárquico encontram-se no quadro 22.

Quadro 22 – Volume de tráfego de referência adoptado por cada grau hierárquico.

Grau Hierárquico	Volume de tráfego adoptado
Coletoras	15000 veíc./dia
Distribuidors Principais	8000 veíc./dia
Distribuidoras Locais	6000 veíc./dia
Vias de acesso local	3000 veíc./dia

Como o objetivo não é desagrar, então, o valor de volume de tráfego nas vias coletoras será usado como valor de referência e posteriormente foram criados pesos por forma a fazer com que os outros graus hierárquicos fossem agravados em relação às coletoras. Para isso, o volume de tráfego de referência das vias coletoras é dividido pelo volume de tráfego de referência em cada grau hierárquico obtendo assim pesos que vão influenciar o valor de ISR obtido no modelo.

Os pesos obtidos com os valores de volume de tráfego de referência encontram-se representados no quadro 23.

Quadro 23 – Pesos adoptado por cada grau hierárquico obtidos através do volume de tráfego de referência.

Grau Hierárquico	Peso
Coletoras	$15000/15000=1$
Distribuidors Principais	$15000/8000=1,875$
Distribuidoras Locais	$15000/6000=2,5$
Vias de acesso local	$15000/3000=5$

Após a aplicação dos pesos ao modelo foi possível a criação de um novo mapa com valores de ISR influenciado pela hierarquia viária representado na figura 26.

Como é possível observar, este novo mapa agrava todos os segmentos com a exceção das vias coletoras. É possível observar também o aparecimento de um novo nível de ISR, sendo que este representa todos os segmentos cujo valor de ISR hierárquico passou a ser

superior ao valor máximo de ISR registado sem a influência da hierarquia viária e está compreendido no intervalo de 0,9024 ao máximo valor registado de ISR sob influência da hierarquia viária.

Para além da verificação do agravamento de em todos os segmentos em que ocorreram acidentes exceto nas coletoras é possível observar que 12 segmentos da rede atingiram valores de ISR de nível 6 sendo na sua maioria segmentos de distribuidoras principais com a exceção do segmento da Estrada da praia em Barqueiros que é uma Distribuidora local e a Rua dos Rodeiros em Alvelos que é uma Via de acesso local. Nesta análise o valor mais elevado do ISR foi registado em Gilmonde, na Rua Dona Elvira Gomes Barroso que faz parte da Estrada Nacional 205 e é uma Distribuidora Principal onde ocorreram 37 acidentes resultando 53 feridos ligeiros, 2 feridos graves e 2 vítimas mortais e o valor do ISR após a utilização hierarquia é de aproximadamente 1,69.

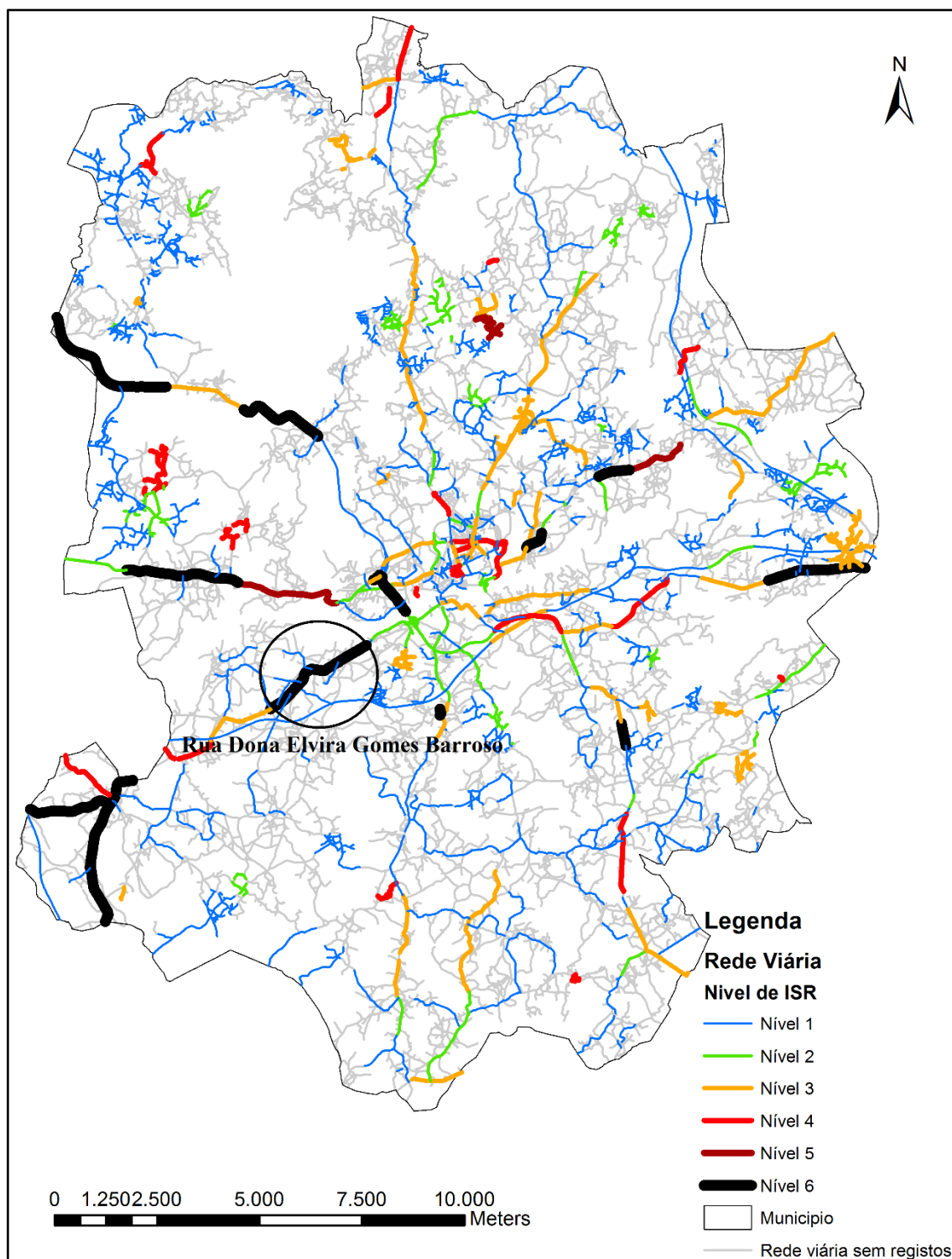


Figura 26 – ISR ponderado pela hierarquia viária no concelho de Barcelos.

4.2.2 Influência no modelo segundo valores dos dados

Apesar dos valores indicativos de volume de tráfego estarem ajustados para uma representação geral de todos os casos, cada caso é diferente entre si e consequentemente apresentará valores de volume de tráfego diferentes dos valores indicativos.

Assim, para prosseguir com o estudo foram considerados os valores de volume de tráfego considerados num estudo realizado pela Câmara Municipal de Barcelos (2009) para atualização dos mapas de ruído do concelho. Os valores dos volumes de tráfego registados no estudo encontram-se no gráfico da figura 24, e a localização dos segmentos estudados é atribuída no quadro 19.

Esses valores foram agrupados segundo o seu grau hierárquico sendo posteriormente calculada a média desses valores para cada grau hierárquico. Os valores da média são os apresentados no quadro 24.

Quadro 24 – Média do volume de tráfego adoptado por cada grau hierárquico.

Grau Hierárquico	Volume de tráfego adoptado
Coletoras	15700 veíc./dia
Distribuidors Principais	13131,82 veíc./dia
Distribuidoras Locais	4775 veíc./dia
Vias de acesso local	1778,571 veíc./dia

Para o cálculo dos pesos foi utilizado o mesmo raciocínio usado para os valores de volume de tráfego de referência, assim os pesos atribuídos segundo os valores de volume de tráfego de 2009 estão representados no quadro 25.

Quadro 25 – Pesos adoptado por cada grau hierárquico obtidos através do volume de tráfego registado.

Grau Hierárquico	Volume de tráfego adoptado
Coletoras	$15700/15700=1$
Distribuidors Principais	$15700/13131,82=1,2$
Distribuidoras Locais	$15700/4775=3,29$
Vias de acesso local	$15700/1778,571=8,83$

Após a aplicação dos pesos ao modelo foi possível gerar um novo mapa com valores de ISR influenciado pelos volumes de tráfego, segundo a hierarquia viária, extraídos do estudo realizado pela Câmara Municipal de Barcelos (2009), representado na figura 27.

Como é possível observar, tal como no mapa da figura 27 este novo mapa agrava todos os segmentos com a exceção das vias coletoras. É possível observar também o aparecimento de um novo nível de ISR, sendo que este representa todos os segmentos cujo valor de ISR hierárquico passou a ser superior ao valor máximo de ISR registado sem a influência da hierarquia viária.

Para além da verificação do agravamento de em todos os segmentos em que ocorreram acidentes exceto nas coletoras é possível observar que 10 segmentos da rede atingiram valores de ISR de nível 6 sendo que 2 deles são Distribuidoras Principais, em Gilmonde na Rua Dona Elvira Gomes Barroso e em Martim na Estrada Nacional 103, outros 2 segmentos são Distribuidoras Locais, em Barqueiros na Estrada da Praia e em Campo no Lugar de Seixomil e os restantes 6 segmentos da rede são em Vias de Acesso Local sendo eles em Alvelos na Rua dos Rodeiros, em Balugães na Rua Ponte das Tábuas, em Barcelos no Campo da República, em Bastuço (Santo Estevão) na Rua de São Domingos, em Pedra Furada na Rua de Real e em Vila Frescainha (São Martinho) na Rua do Brigadeiro.

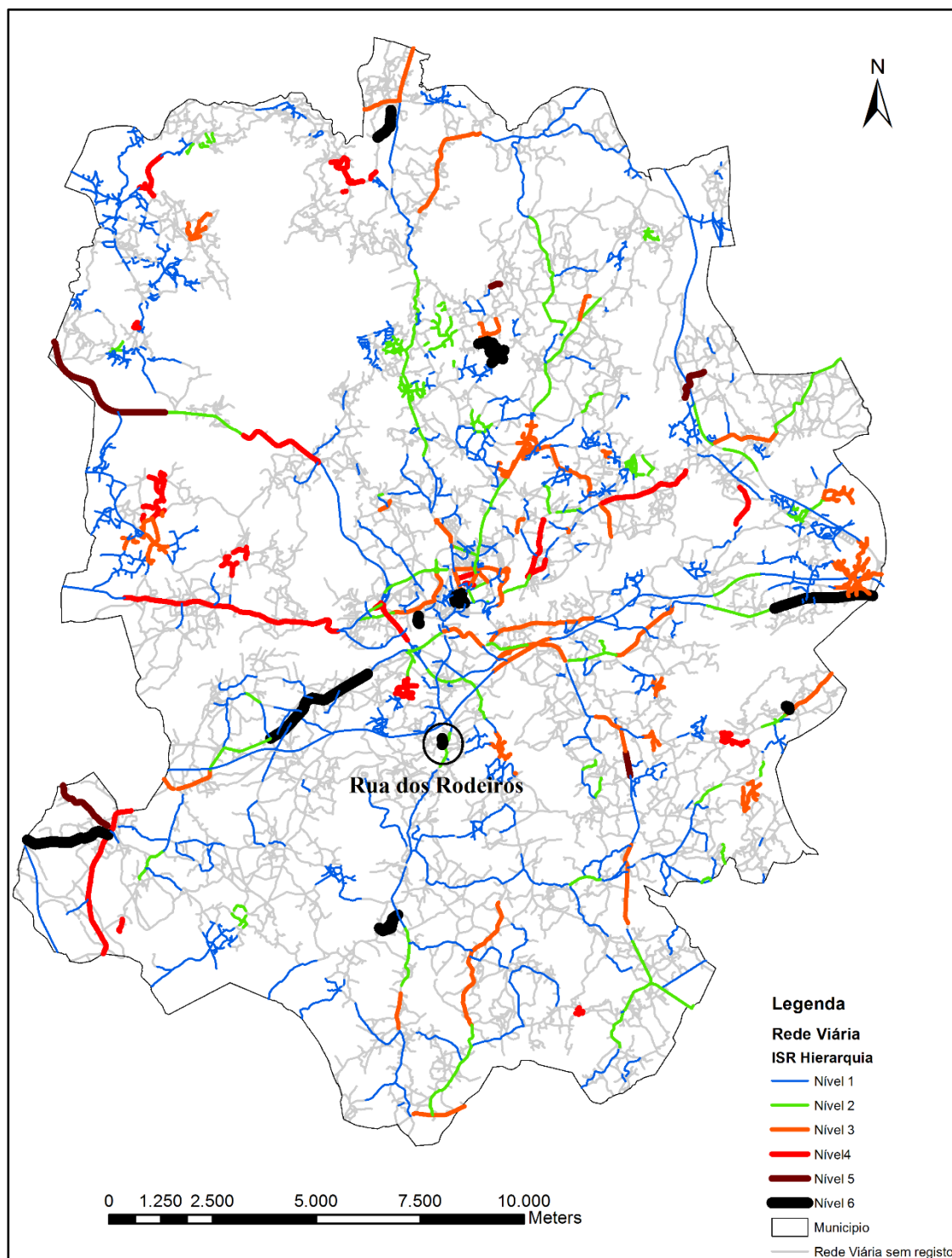


Figura 27 – ISR ponderado pelos volumes de tráfego extraídos do estudo da Câmara Municipal de Barcelos em 2009.

Nesta análise o valor mais elevado de ISR foi registado em Alvelos na Rua dos Rodeiros que é uma Via de Acesso Local onde ocorreu apenas um acidente com registo de uma vítima mortal e o valor de ISR após a influência da hierarquia é de aproximadamente 2,395.

É possível perceber que nesta análise há agravamento de todos os valores de ISR exceto nas coletoras e em alguns casos faz com que segmentos em que tenha havido apenas alguns feridos ligeiros passem a ter um ISR de nível superior à ocorrência de uma vítima mortal. Assim, para tentar evitar essas situações foi realizada uma nova análise em que nos casos dos segmentos onde apenas tenham resultado feridos ligeiros foi adotado o ISR sem influência da hierarquia e em todos os outros casos foi adotado o ISR com influência da hierarquia. Esta separação não foi expandida para o caso dos feridos graves porque quer no indicador de danos materiais quer no indicador de custos os feridos graves estão incluídos na parcela das vítimas mortais tornando impossível fazer a distinção entre feridos graves e vítimas mortais. Desta análise é resultado o mapa da figura 28.

Apesar deste mapa manter o mesmo número de segmentos com ISR de nível 6 nota-se uma diminuição do número de segmentos com ISR de nível 3, nível 4 e nível 5 facilitando assim o processo de seleção de segmentos a intervir e garantindo que os segmentos com vítimas mortais se encontram nos segmentos com ISR de nível 3 para cima.

No concelho de Barcelos foram registados acidentes em 460 segmentos da rede viária. No quadro 26 encontram-se o número de segmentos por cada nível de ISR de acordo com as diferentes análises realizadas pelo modelo.

Quadro 26 – Número de segmentos da rede por nível de ISR.

	Modelo	Volume de tráfego de referência	Volume de tráfego registado	Volume de tráfego registado sem afetação por feridos ligeiros
Nível 1	389	326	318	362
Nível 2	42	50	63	37
Nível 3	22	48	43	27
Nível 4	6	20	21	19
Nível 5	1	4	5	5
Nível 6	-	12	10	10

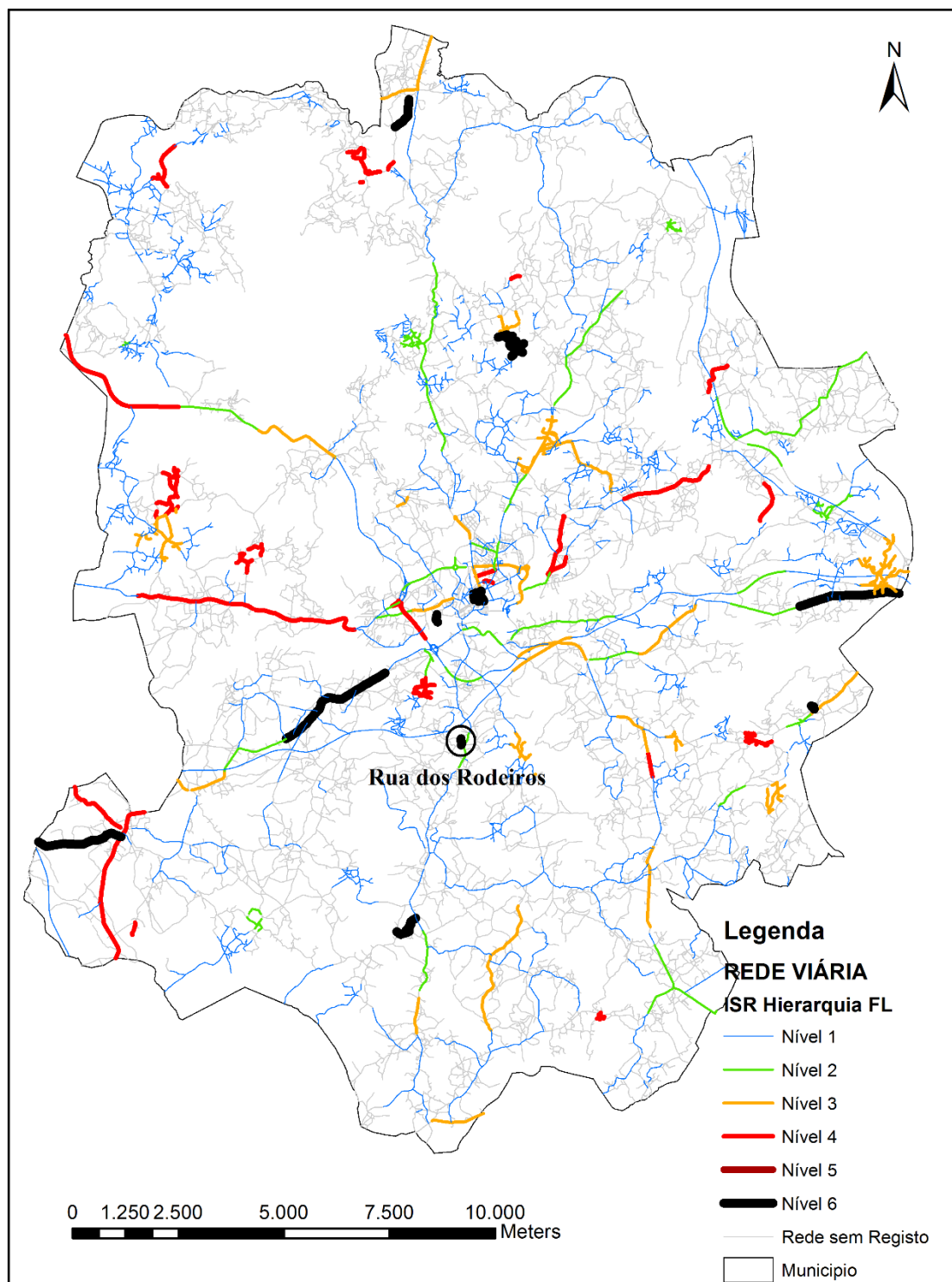


Figura 28 – ISR hierárquico segundo volume de tráfego dos dados do estudo de 2009 sem afetação de segmentos onde apenas resultaram feridos ligeiros.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Todos os concelhos têm como objetivo na parte de gestão de tráfego a diminuição de sinistros da sua rede viária.

Este controlo dos sinistros que possam ocorrer tem uma enorme influência no desenvolvimento de qualquer Município pois a sinistralidade está associada a elevados custos, e assim reduzir o número de sinistros significa redução de gastos tornando assim disponível essas verbas monetárias para outros sectores. Para além disso, reduzir o número de vítimas é muito importante pois cria uma sensação de segurança aos utentes da rede. Uma vítima mortal tem um valor incalculável para os seus próximos sendo por isso crucial minimizar esse tipo de perdas.

Perceber a realidade associada à rede viária de um município e classifica-la constitui um importante apoio à tomada de decisão na priorização de intervenções na rede viária, procurando uma redução da sinistralidade num contexto de escassez de recursos.

Este trabalho teve como objetivo principal a utilização de um modelo de classificação da rede viária em função da sinistralidade em ambiente SIG, no concelho de Barcelos, criado por Nogueira (2010) para os anos de 2007 a 2009, e aplicar esse modelo aos 5 anos seguintes (2010 a 2014) obtendo uma nova classificação da rede viária. Após a nova classificação da rede foi estudada também a influência que pode ter uma hierarquia no modelo.

Uma grande dificuldade de qualquer estudo de sinistralidade está na aquisição e processamento dos dados de sinistralidade. Os dados foram fornecidos pelo departamento de trânsito da ANSR, e foi necessário organizá-los por forma a poderem ser utilizados no modelo. Alguns desses dados eram incoerentes na maior parte dos casos por não estar bem definida a localização do sinistro e sendo estes casos excluídos da utilização no modelo.

Os mapas utilizados neste modelo foram resultado da atualização dos mapas utilizados no trabalho realizado por Nogueira (2010) com os mapas fornecidos pela Câmara Municipal de Barcelos criando uma rede definida por segmento através da localização do nome da rua e da freguesia.

Com a aplicação do modelo de classificação foi caracterizada a sinistralidade na rede viária de Barcelos nos 5 anos deste estudo.

Para a inclusão no modelo de uma nova ponderação baseada na hierarquia viária, foi escolhida uma classificação da rede segundo o PDM de Barcelos, tendo por base os 4 tipos hierárquicos das vias mais usados na definição de uma rede sendo estes: Coletoras, Distribuidoras Principais, Distribuidoras Locais e Vias de Acesso Local.

Para quantificar a diferença entre os diferentes graus hierárquicos foi levado em conta o volume de tráfego, numa primeira fase com um volume de tráfego de referência e numa segunda fase com dados de um estudo realizado pela Camara Municipal de Barcelos. Para usar esses dados, foram usadas as médias de volume de tráfego por grau hierárquico e extrapolado esse valor para os restantes segmentos da rede.

Como o objetivo não seria desagavar qualquer resultado, foi estabelecida uma relação em que as coletoras não sofreram alterações de valores, mas os valores obtidos para as restantes vias foram agravados segundo a classificação na hierarquia viária.

Quando analisados os resultados em termos de volume de tráfego de referência, observa-se que as vias mais graves são no geral vias Distribuidoras Principais, e em termos de volume de tráfego verificado que as Vias de Acesso Local representam a maior parte dos resultados mais graves.

O modelo é muito útil no apoio à tomada de decisão, e após ultrapassar as dificuldades do processamento dos dados expressa resultados que podem fundamentar tomadas de decisão, e para além disso tem também a capacidade de ser versátil e de poder considerar mais fatores para obter resultados que satisfaçam os objetivos de quem pretende um estudo deste género.

Para trabalhos futuros será interessante descobrir diferentes indicadores de sinistralidade rodoviária para além do indicador de gravidade, indicador de custos e indicador de danos materiais, e perceber como podem influenciar o modelo.

No mapa de Barcelos utilizado neste modelo é necessário que em algumas das freguesias se passe a usar os segmentos como ruas pois em vários casos esses segmentos estão agrupados por lugares. Assim é interessante que toda a toponímia do concelho esteja bem definida.

Poderá ser interessante aplicar o modelo à rede ferroviária uma vez que na maior parte dos sinistros associados à rede ferroviária resultam em vítimas mortais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2009) *Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária 2008-2015*, Observatório de Segurança Rodoviária

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Distrito de Braga (2007) *Sinistralidade Ano de 2007*, Observatório de Segurança Rodoviária.

Bastos, A. L. A., Matias, K. E., Damm, H., Luna, M. M. M. (2011) *Modelo Multicritério de Apoio à decisão Para Seleção de Fornecedores*, VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Agosto 2011, Rio de Janeiro, Brasil

Berry, J. K. (2013) *Beyond mapping III: Compilation of beyond mapping columns appearing in GeoWorld magazine 1996 to 2007*, Basis Press, Innovativegis.com

Brandão, L. (2007) *Discussão sobre métodos para identificação de locais críticos em acidentes de trânsito no Brasil*, Trabalho apresentado na disciplina de Infra-Estrutura Viária, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Câmara Municipal de Barcelos (2009) *Município de Barcelos, Atualização dos Mapas de Ruído do Concelho de Barcelos*, Resumo Não Técnico, Barcelos.

Câmara Municipal de Barcelos (2011) *Estratégia Municipal Barcelos 2020. Parte 1: Diagnóstico Estratégico*, Barcelos.

Câmara Municipal de Barcelos e Universidade do Minho (2006) *Relatório de Diagnóstico – Município de Barcelos: Projeto Mobilidade Sustentável*, Barcelos

Costa, C. A. B., e Beinart, E. (2010) *Estruturação de Modelos de Análise Multicritério de Problemas de Decisão Pública*, S. Costa, P. Nijkamp, T.P. Dentinho (eds.), Compêndio de Economia Regional. Volume II: Métodos e Técnicas de Análise Regional, Capítulo 20 (611-645), Lisboa.



Ferreira, S. (2002) *Caracterização da Sinistralidade Rodoviária em Meio Urbano*, Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, FEUP, Porto.

Instituto Nacional de Estatística, (2007) *Revista de Estudos Demográficos, População e Sociedade*.

Leal, A. J. P. (2009) *Estudos Avançados em Direito e Segurança – Manual de Formação. Modulo: Sinistralidade Rodoviária: Causas e Consequencias*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Direito.

Leite, M. I. S. (2012) *Aplicabilidade dos SIG na Gestão de transportes públicos. Caso de estudo: Município de Almada*, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., e Rhind, D. W. (2005) *Second edition Geographic information systems and science*, Wiley

Manica, A. (2007) *Modelo de Previsão de Acidentes Rodoviários envolvendo Motocicletas*, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Miller, H. J., e Shaw, S. (2001) *Geographic Information Systems For Transportation – Principles and Applications*, Oxford University Press

Ministério da Administração Interna (2003), *Plano Nacional de Prevenção Rodoviária*, ANSR

Nabais, E. M. S. (2009) *Avaliação da Segurança Rodoviária – Proposta de Abordagem Metodológica*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Neiva, C. L., e Rodrigues, D. S. (2010) *Classificação de redes pedonais para pessoas com mobilidade reduzida*, Universidade do Minho.

Neto, J. F. C. (2008) *Otimização de rotas com auxílio de uma plataforma SIG-T no serviço de atendimento móvel de urgência*, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.



Nogueira, I. (2010) *Modelo de Classificação da Rede Viária em Função da Sinistralidade em Ambiente SIG – Caso de Estudo: Barcelos*, Universidade do Minho

Oliveira, P. M. (2007) *Os Factores Potenciadores da Sinistralidade Rodoviária – Análise aos factores que estão na base da sinistralidade*.
<https://www.scribd.com/doc/3880743/2007-04-19-213613269>

Peden, M. Scurfield, R. Sleet, D. Mohan, D. Hyder, A. A. Jarawan, E. Mathers, C. (2004) *World report on road traffic injury prevention*, World Health Organization, Geneva, Suíça.

PIARC (2003) *Road Safety Manual*, Permanent International Association of Road Congresses, World Road Association, Paris.

Ramos, I. A. J. (1995) *Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão: Aplicação ao plano estratégico de uma cidade média – A experiência de Barcelos*, Universidade Técnica de Lisboa.

Ramos, R. A. R. (2000) *Localização industrial: um modelo espacial para o nordeste de Portugal*, Universidade do Minho

Ribeiro, P. J. G. (2005) *Estudo de Vias Urbanas, Processo de Seleção de Indicadores Ambientalmente Sustentáveis de Gestão de Tráfego*, Universidade Do Porto, Faculdade de Engenharia.

Sawson, S. E. (2008) *Geographic Information Systems, Journal of Hospital Librarianship*, Taylor & Francis.

Sousa, G. (1995) *Modelos, linguagens e arquitectura para bancos de dados geográficos*, National Institute for Space Research, Brazil.

Toroyan, T. Peden, M. (2007) *Youth and road safety*, World Health Organization

UTCA (2005) *Report 03304*, University Transportation Center of Alabama.



Yager, R. R. (2012) On Prioritized Multiple-Criteria Aggregation, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B: Cybernetics*, 42(5)

Yesilmurat, S., e Isler, V. (2012) Retrospective adaptive prefetching for interactive Web GIS applications, *Geoinformática*, Springer

